

TUGAS AKHIR

IMPLEMENTASI BIM PADA ANALISIS RISIKO KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) PEKERJAAN PEMANCANGAN FONDASI TIANG PANCANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE *EVENT TREE ANALYSIS*

(Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Apartemen Arjuna Yogyakarta)

(BIM IMPLEMENTATION IN OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY (K3) RISK ANALYSIS OF PILE FOUNDATION WORK USING EVENT TREE ANALYSIS METHOD)

(Case Study Arjuna Yogyakarta Apartment Project Construction)

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



**ACHMAD FACHRIZA FAUZZI PRATAMA
20511099**

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

TUGAS AKHIR

IMPLEMENTASI BIM PADA ANALISIS RISIKO KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) PEKERJAAN PEMANCANGAN FONDASI TIANG PANCANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE *EVENT TREE ANALYSIS*

(Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Apartemen Arjuna Yogyakarta)

(BIM IMPLEMENTATION IN OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY (K3) RISK ANALYSIS OF PILE FOUNDATION WORK USING EVENT TREE ANALYSIS METHOD)

(Case Study Arjuna Yogyakarta Apartment Project Construction)

Disusun oleh

ACHMAD FACHRIZA FAUZZI PRATAMA
20511099

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

Diuji pada tanggal 29 Juli 2024

Oleh Dewan Penguji :

Pembimbing I

Penguji I

Penguji II



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

NIK: 005110101

Ir. Tri Nugroho Sulistyantoro, S.T., M.T

NIK: 195110502

Jafar, S.T., M.T., MURP.

NIK: 185111305

8/8/24



Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Yunalia Muntafi, Ir., S.T., M.T., Ph.D. (Eng.), IPM
NIK: 025110101

14/8/2024

PERYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan bahwa sesungguhnya laporan Tugas Akhir yang telah saya susun sebagai syarat untuk persyaratakan memperoleh derajat Sarjana Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Pada beberapa bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah saya tuliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan kaidah dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau Sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku

Yogyakarta, 29 Juli 2024

Yang membuat pernyataan



Achmad Fachriza Fauzzi Pratama

(20511099)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala nikmat dan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Implementasi BIM Pada Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Pekerjaan Pemancangan Fondasi Tiang Pancang Dengan Menggunakan Metode *Event Tree Analysis*. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Puji syukur Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan berkaitan dengan ini juga penulis ingin mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada:

1. Ibu Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IPM. selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Tri Nugroho Sulistyantoro, S.T., M.T selaku dosen penguji 1 yang telah memberikan masukan, saran, dan motivasi kepada penulis.
3. Bapak Jafar, S.T., M.T., MURP. selaku dosen penguji 2 yang telah memberikan masukan, saran, dan motivasi kepada penulis.

Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 29 Juli 2024

Penulis


Achmad Fachriza Fauzzi Pratama
(20511099)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN	17
1.1 Latar Belakang	17
1.2 Rumusan Masalah	19
1.3 Tujuan Penelitian	20
1.4 Manfaat Penelitian	20
1.5 Batasan Penelitian	21
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	22
2.1 Tinjauan Umum	22
2.2 Penelitian Sebelumnya	22
2.2.1 <i>Methodology For Tunnel Risk Assessment Using Fault And Event Tree Analysis</i>	22
2.2.2 <i>Analysis Risiko Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan Bored Pile Proyek Konstruksi Jalan Dengan Metode Construction Safety Analysis</i>	23
2.2.3 <i>Use of BIM Tools for Organization of the Construction Site in the Aspect of Work Safety</i>	24
2.2.4 <i>Analisis Probabilitas Kegagalan Bendungan Pacal Menggunakan Metode Event Tree Analysis</i>	24

2.2.5	<i>3D-BIM and 4D-BIM Models in Construction Safety Management</i>	25
2.3	Perbandingan Penelitian	26
BAB III LANDASAN TEORI		29
3.1	Proyek Konstruksi	29
3.2	Manajemen Konstruksi	30
3.3	Fondasi	30
3.3.1	Fondasi Tiang Pancang	30
3.3.2	Metode <i>Jack-In Pile</i>	31
3.4	Kecelakaan Kerja	32
3.4.1	Klasifikasi Kecelakaan Kerja	33
3.4.2	Cedera Akibat Kecelakaan Kerja	34
3.4.3	Penyebab Kecelakaan Kerja	36
3.4.4	Kerugian Akibat Kecelakaan Kerja	36
3.5	Bahaya dan Risiko	38
3.6	Teori Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja	38
3.6.1	Teori Domino oleh Heinrich (1950)	38
3.6.2	Teori Domino oleh Frank E. Bird dan Germain (1986)	39
3.6.3	Teori Keju Swiss (<i>Swiss Cheese Model</i>)	40
3.6.4	Teori <i>Human Factor Analysis and Classification System</i> (HFACS)	41
3.7	Keselamatan dan Kesehatan Kerja	43
3.7.1	Definisi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)	43
3.7.2	Alat Pelindung Diri (APD)	43
3.8	Pengendalian Risiko	44
3.9	Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)	45
3.9.1	Pengertian SMK3	45
3.9.2	Manfaat Penerapan SMK3	46
3.9.3	Penerapan SMK3	46
3.10	<i>Building Information Modelling</i> (BIM)	48
3.10.1	Definisi <i>Building Information Modelling</i> (BIM)	48

3.10.2	Dimensi <i>Building Information Modelling</i> (BIM)	49
3.11	Event Tree Analysis (ETA)	52
3.11.1	Pengertian <i>Event Tree Analysis</i> (ETA)	52
3.11.2	Langkah-Langkah Penerapan Teknik <i>Event Tree Analysis</i> (ETA)	52
3.11.3	Kelebihan dan Kekurangan Teknik <i>Event Tree Analysis</i> (ETA)	55
BAB IV METODE PENELITIAN		56
4.1	Definisi Umum	56
4.2	Subjek dan Objek Penelitian	56
4.3	Data dan Metode Penelitian	57
4.3.1	Data Penelitian	57
4.3.2	Metode Pengumpulan Data	57
4.3.3	Pemodelan 2D dan 3D	58
4.3.4	Analisis Dengan Metode <i>Event Tree Analysis</i> (ETA)	62
4.4	Bagan Alir Penelitian	65
BAB V PEMBAHASAN		67
5.1	Data Proyek Pekerjaan Struktur Bawah Pemancangan Gedung Arjuna	67
5.1.1	Denah Fondasi Tiang Pancang Rencana	67
5.1.2	<i>Detail Engineering Design</i> (DED) Gedung Rencana	68
5.1.3	Progres Pekerjaan dan Kondisi Lapangan Pekerjaan	69
5.1.4	Jumlah Pekerja, Alat Berat, dan material yang Digunakan	70
5.2	Alur Kegiatan Pekerjaan Pemancangan	71
5.3	Pemodelan	72
5.3.1	<i>Software Revit</i>	72
5.3.2	<i>Software Lumion</i>	73
5.4	<i>Event Tree Analysis</i> (ETA)	83
5.4.1	Identifikasi Potensi Bahaya	83
5.4.2	Pohon Skenario Peristiwa	85
5.4.3	Identifikasi Bahaya	93
5.5	Penyebab dan Pencegahan Kecelakaan Kerja	107

5.6	Pembahasan	116
5.6.1	Faktor Manusia	116
5.6.2	Faktor Teknis	117
5.6.3	Faktor Manajemen	119
5.6.4	Faktor Lingkungan	120
BAB VI		122
6.1	Kesimpulan	122
6.1.1	Visualisasi Model BIM Konstruksi Lapangan Pada Setiap Alur Kerja	122
6.1.2	Potensi Kecelakaan Kerja Berdasarkan Visualisai BIM	122
6.1.3	Tindakan Mitigasi	123
6.2	Saran	124
DAFTAR PUSTAKA		126
LAMPIRAN		130

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 <i>Frequency Index</i> untuk <i>Risk Matrix</i>	63
Tabel 4.2 <i>Severity Index</i> (SI) untuk <i>Risk Matrix</i>	63
Tabel 4.3 <i>Risk Matrix</i>	64
Tabel 4.4 Level Respon Risiko Berdasarkan <i>Risk Matrix</i>	64
Tabel 5.1 Daftar Alat Berat yang Digunakan	70
Tabel 5.2 Daftar Jumlah Pekerja Pekerjaan Pemancangan	71
Tabel 5.3 Identifikasi Potensi Bahaya Pekerjaan Pemancangan Berdasarkan Pemodelan Lapangan	83
Tabel 5.4 <i>Severity Index</i> Mode Kejadian Peristiwa	94
Tabel 5.5 Rekapitulasi <i>Risk Matrix Score</i> dan Level Respon Resiko Kejadian	103
Tabel 5.6 Faktor Penyebab dan Tindak Pencegahan Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Marking	108
Tabel 5.7 Faktor Penyebab dan Tindak Pencegahan Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Pengelasan	110
Tabel 5.8 Faktor Penyebab dan Tindak Pencegahan Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Pengambilan Tanah Merah dan Pengeboran	111
Tabel 5.9 Faktor Penyebab dan Tindak Pencegahan Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Rotasi Alat	112
Tabel 5.10 Faktor Penyebab dan Tindak Pencegahan Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Pengangkatan <i>Spun Pile</i>	113
Tabel 5.11 Faktor Penyebab dan Tindak Pencegahan Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Pemancangan	114
Tabel 5.12 Faktor Penyebab dan Tindak Pencegahan Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Pemotongan <i>Spun Pile</i>	115

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Proyek Pembangunan Gedung Apartemen Arjuna Yogyakarta	19
Gambar 3.1	Skema Fungsi Manajemen Konstruksi	30
Gambar 3.2	Keterkaitan <i>Accident</i> , <i>Incident</i> , dan <i>Nearmiss</i>	33
Gambar 3.3	<i>Accident Cost Iceberg</i>	37
Gambar 3.4	Teori Domino oleh Heinrich (1950)	39
Gambar 3.5	Teori Domino oleh Frank Bird E. Bird dan Germain (1986)	40
Gambar 3.6	Teori Keju Swiss oleh James T. Reason	41
Gambar 3.7	Teori HFACS oleh Weigmann (2003)	42
Gambar 3.8	Hirarki Pengendalian Risiko	45
Gambar 3.9	Dimensi BIM	50
Gambar 3.10	Contoh <i>Event Tree Analysis</i> Tingkat Kemungkinan dan Dampak	53
Gambar 3.11	Penerapan ETA Berdasarkan ISO 31010	54
Gambar 4.1	Pembuatan <i>Server</i> Pada <i>Autodesk Revit</i>	59
Gambar 4.2	Pemodelan 3D menggunakan <i>software Revit 2023</i>	60
Gambar 4.3	Langkah Pemodelan Arsitektur <i>Landscape</i>	61
Gambar 4.4	Langkah Render Model Menggunakan <i>Software Lumion 12.5</i>	62
Gambar 4.5	Alur <i>Event Tree Analysis</i>	65
Gambar 4.6	Bagan Alir Penelitian	66
Gambar 5.1	Denah Pemancangan Rencana	67
Gambar 5.2	Potongan 01 DED Proyek Pembangunan Arjuna	68
Gambar 5.3	Potongan 02 DED Proyek Pembangunan Arjuna	68
Gambar 5.4	Kondisi Lingkungan Sekitar Tampak Atas	69
Gambar 5.5	Kondisi Lapangan Tampak Sisi Barat	69
Gambar 5.6	Kondisi Lapangan Tampak Sisi Timur	70
Gambar 5.7	Tabel Survei Lapangan Alur Kegiatan Pemancangan	71
Gambar 5.8	Penyesuaian Posisi Denah Dengan Gambar	72

Gambar 5.9	<i>View Site 3D Software Revit</i>	72
Gambar 5.10	Tampak Depan Atas Model 3D Software <i>Revit</i>	73
Gambar 5.11	Tampak Samping Model 3D Software <i>Revit</i>	73
Gambar 5.12	Tampak Depan Atas Model 3D Software <i>Lumion</i>	74
Gambar 5.13	<i>Marking</i> Titik Pemancangan (Lapangan)	74
Gambar 5.14	<i>Marking</i> Titik Pemancangan (Pemodelan)	75
Gambar 5.15	Pengeboran dan Pencampuran Tanah Merah (Lapangan)	76
Gambar 5.16	Pengeboran dan Pencampuran Tanah Merah (Pemodelan)	76
Gambar 5.17	Rotasi Alat (Pemodelan)	77
Gambar 5.18	Pengangkatan <i>Spun Pile</i> ke HSPD (Lapangan)	78
Gambar 5.19	Pengangkatan <i>Spun Pile</i> ke HSPD (Pemodelan)	78
Gambar 5.20	Pengelasan Sambungan <i>Spun Pile</i> (Lapangan)	79
Gambar 5.21	Pengelasan Sambungan <i>Spun Pile</i> (Pemodelan)	79
Gambar 5.22	Pemancangan <i>Spun Pile</i> (Lapangan)	80
Gambar 5.23	Pemancangan <i>Spun Pile</i> (Pemodelan)	80
Gambar 5.24	Pemotongan <i>Spun Pile</i> (Lapangan)	81
Gambar 5.25	Pemotongan <i>Spun Pile</i> (Pemodelan)	81
Gambar 5.26	Tabel Verifikasi Pemodelan Lapangan Bagian 1	82
Gambar 5.27	Tabel Verifikasi Pemodelan Lapangan Bagian 2	82
Gambar 5.28	QR Code Video Pemodelan Alur Kerja Konstruksi	83
Gambar 5.29	Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Kegiatan <i>Marking</i>	86
Gambar 5.30	Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Kegiatan Pengelasan	87
Gambar 5.31	Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Kegiatan Pengeboran dan Pemberian Tanah Merah	88
Gambar 5.32	Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Kegiatan Rotasi Alat	89
Gambar 5.33	Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Kegiatan Pengangkatan <i>Spun Pile</i>	90

Gambar 5.34	Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Kegiatan Pemancangan <i>Spun Pile</i>	91
Gambar 5.35	Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Kegiatan Pemotongan <i>Spun Pile</i>	92
Gambar 5.36	Rekapitulasi Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Kegiatan <i>Marking</i>	95
Gambar 5.37	Rekapitulasi Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Pengelasan	96
Gambar 5.38	Rekapitulasi Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Pengeboran dan pemberian tanah merah	97
Gambar 5.39	Rekapitulasi Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Rotasi Alat	98
Gambar 5.40	Rekapitulasi Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Kegiatan Pengangkatan <i>Spun Pile</i>	99
Gambar 5.41	Rekapitulasi Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Pemancangan	100
Gambar 5.42	Rekapitulasi Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Pemotongan <i>Spun Pile</i>	101

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Denah Pemancangan Rencana	131
Lampiran 2	Potongan Tampak Samping DED Proyek Pembangunan Arjuna	132
Lampiran 3	Kondisi Lapangan Proyek Tampak Atas	133
Lampiran 4	Tabel Survei Lapangan Alur Kegiatan Pemancangan	134
Lampiran 5	Tabel Verifikasi Pemodelan Lapangan Bagian 1	135
Lampiran 6	Tabel Verifikasi Pemodelan Lapangan Bagian 2	136
Lampiran 7	Verifikasi Nilai Probabilitas Kepada Orang Berpengalaman di Lapangan Pada Kegiatan <i>Marking</i>	137
Lampiran 8	Verifikasi Nilai Probabilitas Kepada Orang Berpengalaman di Lapangan Pada Kegiatan Pengelasan	138
Lampiran 9	Verifikasi Nilai Probabilitas Kepada Orang Berpengalaman di Lapangan Pada Kegiatan Pengeboran	139
Lampiran 10	Verifikasi Nilai Probabilitas Kepada Orang Berpengalaman di Lapangan Pada Kegiatan Rotasi Alat	140
Lampiran 11	Verifikasi Nilai Probabilitas Kepada Orang Berpengalaman di Lapangan Pada Kegiatan Pengangkatan Spun Pile	141
Lampiran 12	Verifikasi Nilai Probabilitas Kepada Orang Berpengalaman di Lapangan Pada Kegiatan Pemancangan	142
Lampiran 13	Verifikasi Nilai Probabilitas Kepada Orang Berpengalaman di Lapangan Pada Kegiatan Pemotongan Spun Pile	143
Lampiran 14	Verifikasi Nilai Dampak Terjadinya Kecelakaan Kepada Orang Berpengalaman di Lapangan	144
Lampiran 15	Verifikasi Faktor Penyebab dan Tindak Mitigasi Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan <i>Marking</i> Bagian 1	145
Lampiran 16	Verifikasi Faktor Penyebab dan Tindak Mitigasi Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan <i>Marking</i> Bagian 2	146
Lampiran 17	Verifikasi Faktor Penyebab dan Tindak Mitigasi Terhadap	

	Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Pengelasan	147
Lampiran 18	Verifikasi Faktor Penyebab dan Tindak Mitigasi Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Pengambilan Tanah Merah dan Pengeboran	148
Lampiran 19	Verifikasi Faktor Penyebab dan Tindak Mitigasi Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Rotasi Alat	149
Lampiran 20	Verifikasi Faktor Penyebab dan Tindak Mitigasi Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Pengangkatan spun pile	150
Lampiran 21	Verifikasi Faktor Penyebab dan Tindak Mitigasi Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Pemancangan Spun Pile	151
Lampiran 22	Verifikasi Faktor Penyebab dan Tindak Mitigasi Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Pemotongan Spun Pile	152

ABSTRAK

Pekerjaan pondasi merupakan pekerjaan struktur pertama yang dilakukan pada suatu bangunan dan terdapat berbagai macam metode dalam pelaksanaannya. Dalam pelaksanaan konstruksi bangunan, selalu terdapat potensi terjadinya kecelakaan kerja mengingat sektor konstruksi memiliki jumlah kecelakaan kerja paling tinggi dibandingkan dengan industri lainnya. Building Information Modeling (BIM) merupakan suatu konsep yang dapat mempermudah dalam perencanaan dan pelaksanaan konstruksi bangunan sehingga dalam penerapannya dapat mempermudah dan meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja. Event Tree Analysis (ETA) merupakan suatu metode analisis yang merepresentasikan alur kejadian berdasarkan kejadian risiko awal.

Analisis potensi terjadinya kecelakaan kerja pada penelitian ini didasarkan pada pemodelan visualisasi yang dibuat berdasarkan kondisi di lapangan Proyek Pembangunan Gedung Arjuna pada pekerjaan fondasi tiang pancang. Pemodelan dibuat berdasarkan jumlah pekerja, alat kerja, dan alur pekerjaan yang ada pada pekerjaan pemancangan fondasi tiang pancang yang dimodelkan menggunakan *software Revit* dan *lumion* agar mendapatkan visualisasi yang baik. Pemodelan yang sudah dibuat berupa video alur pekerjaan yang dianalisis menggunakan metode *Event Tree Analysis* (ETA) agar diketahui nilai probabilitas dari terjadinya potensi kecelakaan kerja pada masing-masing kegiatan di pekerjaan tersebut. Nilai dari masing-masing probabilitas pada metode *Event Tree Analysis* (ETA) didapatkan dari hasil wawancara dengan narasumber di lapangan dan dengan tenaga ahli terkait.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah berupa video alur pekerjaan pemancangan fondasi tiang pancang yang dirinci dari setiap kegiatan pada pekerjaan tersebut, potensi terjadinya kecelakaan kerja dari masing-masing kegiatan pekerjaan pemancangan, dan upaya pencegahan terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan tersebut berdasarkan visualisasi video yang sudah dibuat pada masing-masing kegiatan di pekerjaan pemancangan tersebut. Berdasarkan visualisasi video yang sudah dibuat, didapatkan 5 mode kejadian risiko rendah, 12 mode kejadian risiko sedang, dan 4 mode kejadian risiko tinggi.

Kata Kunci: *Building Information Modelling (BIM), Revit, Lumion, Event Tree Analysis (ETA), Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)*

ABSTRACT

Foundation work is the first structural work carried out on a building and there are various methods in its implementation. In the implementation of building construction, there is always the potential for work accidents considering that the construction sector has the highest number of work accidents compared to other industries. Building Information Modeling (BIM) is a concept that can facilitate the planning and implementation of building construction so that in its application it can facilitate and minimize the occurrence of work accidents. Event Tree Analysis (ETA) is an analysis method that represents the flow of events based on the initial risk events.

The analysis of the potential for work accidents in this study is based on visualization modeling made based on field conditions in the Arjuna Building Construction Project on pile foundation work. Modeling is made based on the number of workers, work tools, and workflow in the pile foundation piling work modeled using Revit and Lumion software to obtain good visualization. The modeling that has been made is in the form of a video of the work flow which is analyzed using the Event Tree Analysis (ETA) method to determine the probability value of the potential for work accidents in each activity in the work. The value of each probability in the Event Tree Analysis (ETA) method is obtained from the results of interviews with sources in the field and with related experts.

The results obtained from this study are in the form of a video of the pile foundation piling workflow which details each activity in the work, the potential for work accidents from each piling work activity, and efforts to prevent work accidents in the work based on video visualizations that have been made for each activity in the piling work. Based on the video visualization that has been created, 5 low-risk event modes, 12 medium-risk event modes, and 4 high-risk event modes were obtained.

Kata Kunci: *Building Information Modelling (BIM), Revit, Lumion, Event Tree Analysis (ETA), Occupational Health and Safety (OHS)*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada suatu konstruksi bangunan, pekerjaan fondasi merupakan pekerjaan struktur yang pertama kali dilaksanakan pada suatu bangunan. Menurut Jawat (2016) terdapat berbagai macam metode pelaksanaan pelaksanaan fondasi tiang pancang yang dapat digunakan dengan pertimbangan Sumber Daya Manusia (SDM), ketersediaan alat, ketersediaan material, ketersediaan batas waktu, dan biaya bersaing.

Proyek Pembangunan Gedung Arjuna menggunakan fondasi tiang pancang dengan metode *jack-in pile*. Metode *jack-in pile* pada pelaksanaannya tidak terlalu menimbulkan polusi, getaran, dan suara yang bising, sehingga merupakan salah satu metode pemancangan yang cocok pada daerah pemukiman yang padat penduduk (Filbert *et al.*, 2013). Metode *jack-in pile* walaupun memiliki berbagai macam kelebihan namun tetap harus memperhatikan Kesehatan dan keselamatan kerja pada pelaksanaannya, sehingga tetap perlu adanya manajemen keselamatan dan prosedur yang baik dalam pelaksanaan hal tersebut. Hal ini dikarenakan masih terdapat banyak potensi penyebab terjadinya kecelakaan kerja yang ada di lapangan. Berdasarkan data Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) tercatat 177.000 kasus kecelakaan kerja di dunia konstruksi yang terjadi pada tahun 2020 yang mana terdapat peningkatan jumlah kasus dari tahun sebelumnya yang berjumlah 114.000. Untuk menganalisis hal tersebut, terdapat teknologi pendukung yang dapat membantu melakukan pemodelan untuk menganalisis sebuah pekerjaan secara efektif dan efisien yang dikenal dengan *Building Information Modelling* (BIM).

Building Information Modelling (BIM) merupakan suatu proses perencanaan yang bersifat virtual dengan seluruh informasi yang dibuat dalam model perencanaan dan terintegrasi secara digital. *Autodesk Revit* merupakan salah satu *software* yang mendukung konsep BIM. Dengan menggunakan *software* ini,

pengguna dapat membuat model secara virtual kondisi lapangan proyek layaknya sungguhan, sehingga dalam proses menganalisis dapat dilakukan lebih mudah dan jelas. Hal ini dibuktikan dengan adanya publikasi penelitian mengenai BIM yang berjudul “Penerapan Building Information Modeling (BIM) Menggunakan Software Autodesk Revit Pada Gedung 4 Rumah Sakit Pendidikan Perguruan Tinggi Negeri (RSPTN) Universitas Lampung” (Anjani *et al.*, 2022). Berdasarkan hasil dari penelitian ini, dapat diperoleh pemodelan 3D dari pengaplikasian konsep BIM dengan software Revit tersebut. Namun, pada penelitian tersebut terlihat bahwa visualisasi 3D hasil revit tidak terlalu baik sehingga dibutuhkan *software* pendukung lain dalam memvisualisasikan dengan lebih baik. Untuk visualisasi yang lebih baik dapat digunakan *software* pendukung lain yang dapat berintegrasi dengan *software* Revit seperti *software* Lumion.

Hasil dari pemodelan 3D yang merepresentasikan keadaan sesungguhnya dapat digunakan untuk menganalisis kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja. Metode yang digunakan untuk menganalisis kemungkinan terjadinya kecelakaan tersebut adalah dengan menggunakan metode *Event Tree Analysis* (ETA). *Event Tree Analysis* (ETA) merupakan salah satu metode analisis yang merepresentasikan urutan kejadian yang saling berkaitan dari suatu peristiwa risiko awal (*initial event*). Pada penerapannya, metode ini juga dapat digunakan untuk memodelkan suatu peristiwa risiko yang ada di lapangan serta dapat diketahui peluang kejadian tersebut dapat dicapai atau tidak dengan strategi-strategi pencegahan yang direncanakan. Sehingga metode ini membutuhkan sebuah titik awal risiko seperti pada analisis risiko kebakaran pada tangki timbun dengan titik awal risiko dinding tangki bocor (Hajar, Anindita and Ashari, 2018). Oleh sebab itu, metode ETA sangat cocok disandingkan dengan pengimplementasian BIM untuk menganalisis risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada pekerjaan fondasi tersebut.

Setelah ditinjau dan dianalisis mengenai hal-hal diatas, maka diperlukan adanya penelitian mengenai pekerjaan fondasi pada Proyek Pembangunan Gedung Arjuna dengan tinggi 20 lantai yang berlokasi di Jl. Palagan Tentara Pelajar KM 7, Mataram City Yogyakarta. Berikut tampilan dari *google earth* mengenai lokasi proyek serta lingkungan sekitarnya yang dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut.



**Gambar 1.1 Lokasi Proyek Pembangunan Gedung Apartemen Arjuna
Yogyakarta**

(Sumber: Google Earth)

Dari Gambar 1.1 dapat terlihat bahwa lokasi proyek yang akan dilaksanakan dikelilingi oleh Kawasan padat penduduk, sehingga perlu adanya penelitian mengenai potensi kecelakaan kerja. Penelitian ini menggunakan software Autodesk Revit yang mengimplementasikan konsep BIM serta metode *Event Tree Analysis* (ETA) untuk analisis potensi dan peluang terjadinya kecelakaan kerja.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana visualisasi model BIM konstruksi lapangan pada setiap alur pekerjaan fondasi tiang pancang Proyek Pembangunan Gedung Arjuna Yogyakarta?
2. Apa saja potensi kecelakaan kerja berdasarkan visualisasi model BIM konstruksi lapangan pada setiap alur pekerjaan fondasi tiang pancang Proyek Pembangunan Gedung Arjuna Yogyakarta?

3. Berdasarkan visualisasi yang sudah dibuat serta potensi kecelakaan kerja yang sudah didapat, bagaimanakah upaya dalam mencegah atau mengurangi potensi serta dampak dari bahaya yang ada pada pekerjaan fondasi tiang pancang tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mendapatkan visualisasi model BIM konstruksi lapangan pada pekerjaan fondasi tiang pancang Proyek Pembangunan Gedung Arjuna Yogyakarta.
2. Mengetahui potensi kecelakaan kerja berdasarkan visualisasi model BIM konstruksi lapangan pada setiap alur pekerjaan fondasi tiang pancang Proyek Pembangunan Gedung Arjuna Yogyakarta.
3. Melakukan analisis untuk mendapatkan upaya dalam mencegah atau mengurangi potensi serta dampak dari bahaya yang ada berdasarkan visualisasi pemodelan BIM yang sudah dibuat pada pekerjaan pemancangan fondasi tiang pancang Proyek Pembangunan Gedung Arjuna Yogyakarta.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk praktisi
Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah dapat memberikan referensi mengenai penggunaan BIM pada perencanaan konstruksi untuk menggambarkan visualisasi dari setiap alur pekerjaan sehingga didapatkan perencanaan yang lebih baik dan memberikan kesadaran secara visual mengenai hal-hal yang berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja yang ada di lapangan.
2. Untuk mahasiswa
Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah dapat dijadikan referensi dan wawasan baru mengenai penerapan konsep *Building*

Information Modelling (BIM) pada analisis risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di pekerjaan fondasi gedung.

3. Untuk ilmu pengetahuan
Menambah ilmu pengetahuan mengenai fungsi dari BIM dalam visualisasi lapangan konstruksi dan alur pekerjaannya yang diintegrasikan dengan menggunakan metode *Event Tree Analysis* dalam menganalisis potensi terjadinya kecelakaan kerja serta menambah kesadaran akan pentingnya K3.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Pengerjaan dan pengolahan data Penelitian ini berdasarkan kondisi riil lapangan yang didapatkan dari dokumentasi Proyek Pembangunan Gedung Apartemen Arjuna, Yogyakarta.
2. Metode pekerjaan yang digunakan pada pekerjaan pengeboran, pemancangan, galian, serta mobilisasi alat pada Proyek Pembangunan Gedung Apartemen Arjuna, Yogyakarta.
3. Pemodelan bangunan menggunakan *software* Revit untuk penerapan konsep BIM serta penggunaan metode *Event Tree Analysis* (ETA) untuk menganalisis potensi kecelakaan kerja.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Pada suatu proyek konstruksi, tidak akan lepas dari adanya risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Oleh sebab itu, perlu adanya analisis mengenai risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja agar terhindar dari kejadian-kejadian buruk dalam melakukan pekerjaan, sehingga dengan adanya analisis ini dapat dilakukan upaya berupa pencegahan, pemeliharaan, dan kesehatan yang dapat meningkatkan jaminan keselamatan dan kesehatan bagi para pekerja.

2.2 Penelitian Sebelumnya

Tinjauan pustaka pada penelitian ini memuat uraian sistematis yang membahas serta meneliti tentang konsep implementasi *Building Information Modelling* (BIM) pada suatu proyek konstruksi serta metode analisis *Event Tree Analysis* (ETA) dari peneliti-peneliti sebelumnya. Berikut adalah beberapa penelitian yang digunakan pada penelitian ini sebagai tinjauan penelitian.

2.2.1 Methodology For Tunnel Risk Assessment Using Fault And Event Tree Analysis

Zafirovski dkk. (2021) menyatakan bahwa tingginya permintaan untuk pembangunan terowongan tidak terlepas dari hal-hal yang tidak diinginkan selama proses berlangsung. Terdapat berbagai jenis bahaya dan risiko yang dapat terjadi dalam pengerjaan konstruksi dengan berbagai faktor seperti keruntuhan atap terowongan, ketidakstabilan permukaan dinding, dan lain sebagainya.

Zafirovski dkk. (2021) melakukan suatu analisis menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Event Tree Analysis* (ETA) secara kombinasi untuk memperoleh hasil kuantitatif yang akurat. *Fault Tree Analysis* digunakan untuk menganalisis bahaya yang terjadi dengan berbagai kemungkinan yang dapat menyebabkan hal tersebut. *Event Tree Analysis* digunakan untuk menilai

kemungkinan skenario yang terjadi pada suatu pemicu dengan konsekuensi yang mungkin terjadi pada suatu proyek.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Zafirovski dkk. (2021) dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Event Tree Analysis* (ETA) secara kombinasi didapatkan sebuah kesimpulan bahwa berdasarkan hasil dari analisis pada penelitian ini menunjukkan bahwa bahaya dengan nilai kemungkinan terjadinya tinggi belum tentu memiliki dampak yang tinggi pada suatu proyek serta menghasilkan klasifikasi dan definisi tingkat resiko yang mana dapat menentukan sikap dalam manajemen pengelolaan resiko.

2.2.2 Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan *Bored Pile* Proyek Konstruksi Jalan Dengan Metode *Construction Safety Analysis*

Ramdani (2023) menyatakan bahwa berdasarkan Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Ketenagakerjaan terjadi kenaikan jumlah kecelakaan kerja dari tahun 2020 hingga tahun 2021 sehingga perlu adanya Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMKK) untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja serta meningkatkan jaminan keselamatan dan kesehatan kerja pada proyek konstruksi.

Ramdani (2023) merencanakan suatu analisis SMKK menggunakan metode *Construction Safety Analysis* (CSA). CSA merupakan suatu manajemen keselamatan yang mengidentifikasi dan mengendalikan risiko bahaya pada kecelakaan kerja yang dilaksanakan pada pekerjaan *Bored pile* proyek Pembangunan Tol Solo – Yogyakarta – YIA Kulonprogo Seksi I Paket 1.1 Solo – Klaten.

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada pekerjaan *Bored pile* proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.1 Solo – Klaten Sta 17+400 menggunakan metode *Construction Safety Analysis* (CSA) didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Didapatkan 31 jenis potensi bahaya pada pekerjaan *Bored pile* dengan potensi paling banyak ditemukan pada pekerjaan pemasangan tulangan dan potensi bahaya paling sedikit ditemukan terjadi pada pekerjaan pengeboran awal.

2. Tindakan pengendalian bahaya yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan hierarki pengendalian yaitu substitusi, kontrol teknik, administrasi, dan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD).

2.2.3 *Use of BIM Tools for Organization of the Construction Site in the Aspect of Work Safety*

Drozd dan Kowalik (2019) menyatakan bahwa penelitian ini dilakukan karena konstruksi masih menjadi salah satu industri yang memiliki jumlah kecelakaan terbanyak di Polandia. Dengan adanya teknologi *Building Information Modelling* (BIM) diharapkan dapat meningkatkan keselamatan kerja di lokasi konstruksi.

Drozd dan Kowalik (2019) merencanakan suatu penelitian yang memodelkan suatu perencanaan secara nyata dengan menyiapkan model 3D agar dapat dilakukan perencanaan keselamatan berbasis BIM, Visualisasi 3D dalam lingkup keamanan, dan Analisis risiko serta penilaian solusi dan teknologi yang dirancang dengan berpegang pada pedoman-pedoman dan *software* pendukung yang ada.

Dari hasil penelitian ini didapatkan sebuah kesimpulan bahwa *Building Information Modelling* (BIM) dapat digunakan sebagai proses pendekatan untuk manajemen keselamatan “desain keselamatan”. Didapatkan juga bahwa hal ini dapat secara aktif memperluas model dengan elemen tambahan yang akan membantu meningkatkan tingkat keselamatan kerja di lokasi konstruksi. Konsep BIM ini menjadi alat yang baik dalam mengelola keselamatan kerja karena dengan adanya model secara 3D dapat menjadi komunikasi yang lebih baik antara perancang dan kontraktor.

2.2.4 *Analisis Probabilitas Kegagalan Bendungan Pacal Menggunakan Metode Event Tree Analysis*

Soentoro dkk. (2013) dalam Juanizar dkk. (2022) Menyatakan bahwa kegagalan pada suatu bendungan dapat menyebabkan suatu bencana besar pada bagian hilir sungai termasuk dengan adanya korban jiwa serta kerugian lainnya. Oleh sebab itu diperlukannya upaya pencegahan terhadap kegagalan bendungan berdasarkan keamanan struktural, operasi pemeliharaan, pemantauan, dan

kesiapsiagaan tindak darurat. Salah satu upaya dalam pencegahan terhadap kegagalan bendungan tersebut adalah perlunya identifikasi faktor risiko kegagalan sedini mungkin dengan melakukan inspeksi pada bendungan secara rutin.

Juanizar dkk. (2022) merencanakan suatu penelitian untuk menganalisis risiko keamanan Bendungan Pacal dengan menggunakan metode *Event Tree Analysis* (ETA) untuk mendapatkan nilai probabilitas tahunan kegagalan bendungan kemudian hasil inspeksi bendungan digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan kegagalan yang mungkin terjadi sedangkan untuk menganalisis perkiraan risiko bahaya dan kekritisannya digunakan metode analisis *Failure Modes, Effect and Critically Analysis* (FMECA). Penelitian ini dilakukan pada Bendungan Pacal yang berlokasi di Desa Kedungsumber, Kabupaten Bojonegoro, Provinsi Jawa Timur.

Dari hasil penelitian ini didapatkan sebuah kesimpulan bahwa probabilitas kegagalan tahunan Bendungan Pacal sebesar $1,29 \times 10^{-5}$ yang mana potensi bahayanya adalah deformasi yang terjadi pada tubuh bendungan serta berdasarkan probabilitas kegagalan tahunan bendungan dan perkiraan dampak dari kegagalan bendungan tersebut diperoleh bahwa status risiko bendungan tersebut masih berada pada status “batas yang ditoleransi untuk bendungan eksisting”.

2.2.5 3D-BIM and 4D-BIM Models in Construction Safety Management

Toan, Dung dan Hanh (2021) melakukan penelitian terkait manajemen resiko kecelakaan pada dunia konstruksi dengan pendekatan BIM 3D dan BIM 4D yang mana hal ini didasarkan pada laporan Kementerian Tenaga Kerja, Penyandang Cacat, dan Sosial Vietnam pada tahun 2014 hingga tahun 2018 didapatkan bahwa angka kecelakaan kerja pada sektor merupakan sektor yang memiliki jumlah terjadinya kecelakaan dan kematian akibat kerja

Pada penelitiannya ini, Toan, Dung dan Hanh (2021) menyatakan bahwa ada 4 tinjauan penelitian yang akan dilakukan dalam penerapan 3D dan 4D BIM dalam manajemen keselamatan konstruksi yaitu *Safety training*, *hazard identification*, *on site monitoring*, dan *communication and cooperation* serta terdapat 4 aspek yang digabungkan dalam pemodelan BIM yaitu *3D model*, *schedule*, *story board* and

trade inputs, dan *equipment models* yang menghasilkan *model-based scheduling tool* dan *model-based schedule*.

Dari hasil penelitian ini, manajemen keselamatan konstruksi menggunakan konsep BIM 4D memiliki efektivitas yang lebih baik dibandingkan 3D dikarenakan memiliki potensi untuk mengimplementasikan rencana keselamatan secara realtime dan saling terhubung. Namun, diperlukan lebih banyak pengalaman praktis dalam perencanaan keselamatan dengan menggunakan BIM.

2.3 Perbandingan Penelitian

Perbandingan penelitian adalah penjelasan perbedaan dan persamaan mengenai tinjauan pustaka antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilaksanakan saat ini berdasarkan uraian terkait topik penelitian. Pada tinjauan pustaka terkait topik penelitian yang dilakukan oleh Zafirovski dkk. (2021) terdapat beberapa persamaan dan perbedaan antara penelitian tersebut dengan penelitian yang akan dilakukan. Persamaan penelitian antara penelitian tersebut dengan penelitian yang akan dilakukan terdapat pada metode analisis yang digunakan yaitu *Event Tree Analysis* (ETA) dalam menganalisis dampak dan probabilitas dari suatu kejadian. Pada penelitian tersebut ETA digunakan untuk menganalisis skenario probabilitas terjadinya suatu kecelakaan pada suatu konstruksi terowongan, sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan ini ETA digunakan untuk menganalisis skenario probabilitas terjadinya suatu kecelakaan pada suatu konstruksi gedung bangunan terkhusus pada pekerjaan pemancangan fondasi tiang pancang dengan menggunakan metode *jack-in pile*. Sedangkan perbedaan dari kedua penelitian ini adalah pada penelitian tersebut tidak digunakan sebuah konsep *Building Information Modelling* (BIM) atau pemodelan secara 3D dalam menganalisis permasalahannya, sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan ini digunakan pemodelan secara 3D dalam menganalisis potensi kecelakaan kerja.

Pada tinjauan pustaka dengan topik penelitian yang dilakukan oleh Ramdani (2023) persamaan antara penelitiannya dengan penelitian yang akan dilakukan ini terletak pada analisis risiko kecelakaan pada pekerjaan di suatu proyek konstruksi, sedangkan perbedaan antara penelitian tersebut dengan penelitian yang akan

dilakukan ini adalah jenis pekerjaan konstruksi, metode analisis yang digunakan, serta pada penelitian tersebut tidak digunakan konsep BIM 3D dalam proses analisisnya. Jenis pekerjaan pada penelitian tersebut merupakan pekerjaan *Bored pile*, sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan ini adalah pemancangan tiang dengan metode *jack-in pile*. Metode analisis yang digunakan pada penelitian tersebut menggunakan metode *Construction Safety Analysis* (CSA), sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan ini menggunakan *Event Tree Analysis* (ETA).

Pada tinjauan pustaka dengan topik penelitian yang dilakukan oleh Drozd dan Kowalik (2019) persamaan antara penelitiannya dengan penelitian yang akan dilakukan ini terletak pada fungsi BIM di suatu konstruksi pada aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Adapun perbedaan antara penelitian tersebut dengan penelitian yang akan dilakukan ini adalah pada penelitian tersebut menggambarkan secara garis besar pada suatu konstruksi antara kondisi lapangan dengan pemodelan virtualnya terkait kemudahan berkomunikasi dalam pelaksanaannya serta dalam aspek K3-nya, sedangkan pada penelitian ini berfokus pada analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pekerjaan pemancangan tiang pancang yang dilaksanakan dengan metode *jack-in pile*.

Pada tinjauan pustaka dengan topik penelitian yang dilakukan oleh Juanizar dkk. (2022) persamaan antara penelitiannya dengan penelitian yang akan dilakukan ini terletak pada metode yang digunakan yaitu metode *Event Tree Analysis* (ETA) dalam menganalisis probabilitas risiko kegagalan. Adapun perbedaan antara penelitian tersebut dengan penelitian yang akan dilakukan ini adalah pada penelitian tersebut tidak dilakukannya pemodelan secara 3D serta menggunakan dua metode analisis yaitu *Event Tree Analysis* (ETA) dalam menganalisis probabilitas kegagalan serta *Failure Modes, Effect and Critically Analysis* (FMECA) untuk menganalisis perkiraan risiko bahaya dan kekritisannya. Sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan ini hanya menggunakan satu metode analisis yaitu *Event Tree Analysis* (ETA) serta dilakukan juga pemodelan secara 3D dengan menggunakan *software Revit* dan *Lumion*.

Pada tinjauan pustaka dengan topik penelitian yang dilakukan oleh Toan, Dung dan Hanh (2021) persamaan antara penelitiannya dengan penelitian yang

akan dilakukan ini terletak pada metode yang digunakan yaitu *Building Information Modelling* (BIM) untuk manajemen keselamatan konstruksi. Adapun perbedaan antara penelitian tersebut dengan penelitian yang akan dilakukan ini adalah pada penelitian tersebut pemodelan dilakukan hingga BIM 4D serta tidak menggunakan metode analisis *Event Tree Analysis* (ETA) dalam mengidentifikasi keselamatan kerja. Sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan ini pemodelan dilakukan hanya hingga BIM 3D dan digunakannya *Event Tree Analysis* (ETA) sebagai metode analisis untuk mengidentifikasi keselamatan kerja di lapangan.

Secara umum, dijelaskan pada tinjauan pustaka bahwa terdapat persamaan dan perbedaan antara penelitian-penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan. Persamaan pada penelitian tersebut diterapkan pada penelitian ini dengan tujuan sebagai referensi dan pertimbangan tambahan dalam proses analisis yang dilakukan pada penelitian ini sehingga hasil yang didapatkan pada penelitian ini akan lebih baik.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Proyek Konstruksi

Menurut Rani (2016) proyek merupakan suatu kegiatan untuk mencapai hasil tertentu yang mana kegiatan pada proyek tersebut dibatasi oleh anggaran, jadwal, dan mutu (*triple constraint*). Konstruksi merupakan suatu bangunan yang tatanan/susunan pada bagian-bagiannya sesuai dengan fungsinya yang mana secara umum konstruksi terbagi menjadi dua macam yaitu:

1. Konstruksi Bangunan Gedung, konstruksi bangunan gedung ini terdiri dari perumahan, apartemen, hotel, dan bangunan gedung bertingkat dan sejenisnya.
2. Konstruksi Bangunan Sipil, konstruksi bangunan sipil ini terdiri dari lapangan terbang, rel kereta, jembatan, bendungan, irigasi, dan sejenisnya.

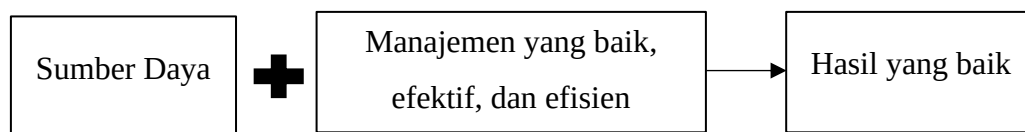
Dari sedikit penjelasan diatas, dapat dikatakan bahwa proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan pada suatu konstruksi bangunan baik itu konstruksi bangunan gedung maupun konstruksi bangunan sipil yang dibatasi oleh anggaran, jadwal, dan mutu (*triple constraint*)

Sedangkan menurut Ervianto (2005) proyek konstruksi adalah suatu rangkaian kegiatan yang terdapat proses untuk mengolah sumber daya yang menghasilkan suatu kegiatan berupa bangunan yang mana kegiatan tersebut hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Proses yang terjadi pada rangkaian kegiatan tersebut melibatkan banyak pihak baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga terdapat hubungan antar pihak pada proyek tersebut yang dibedakan atas hubungan fungsional dan hubungan kerja. Dengan adanya keterlibatan dari berbagai pihak pada suatu proyek konstruksi, maka dapat dikatakan bahwa proyek konstruksi juga memiliki potensi terjadinya konflik yang cukup tinggi

3.2 Manajemen Konstruksi

Rani (2016) menyatakan “Manajemen Konstruksi adalah usaha yang dilakukan melalui proses manajemen yaitu perencanaan, pelaksanaan dan pengendalian terhadap kegiatan-kegiatan proyek dari awal sampai akhir dengan mengalokasikan sumber-sumber daya secara efektif dan efisien untuk mencapai suatu hasil yang memuaskan sesuai sasaran yang diinginkan.”

Setiap proyek konstruksi diperlukannya manajemen yang baik agar sumber daya yang akan diproses berjalan secara efektif dan efisien sehingga diperoleh hasil yang baik. Sumber daya tersebut antara lain terdiri dari *money* (uang), *material* (bahan), *machine* (peralatan), *man-power* (tenaga manusia), *market* (pasar), *methode*, *information* (informasi), *space* (ruang), dan *time* (waktu). Dari penjelasan tadi, secara skematis ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Skema Fungsi Manajemen Konstruksi

3.3 Fondasi

3.3.1 Fondasi Tiang Pancang

Rizaludin dkk. (2020) menyatakan bahwa fondasi merupakan bagian dari struktur bangunan yang berfungsi sebagai penopang bangunan dan menyalurkan beban dari struktur atas atau lapisan tanah yang memiliki daya dukung yang kuat. Pekerjaan fondasi merupakan pekerjaan struktur pertama yang dikerjakan pada suatu konstruksi bangunan dan merupakan bagian paling bawah dari suatu konstruksi bangunan.

Fondasi tiang pancang merupakan salah satu jenis fondasi dalam berbentuk tiang yang penempatan ujungnya ditempatkan pada lapisan tanah pendukung. Daya dukung tiang pancang dapat diperoleh dari total daya dukung ujung tiang (*end bearing capacity*) dan daya dukung gesek selimut (*friction bearing capacity*).

Fondasi tiang pancang dapat terbuat dari baja, kayu keras, beton, atau material komposit perbedaan material tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

Nurdiani (2013) menyatakan bahwa fondasi tiang pancang yang terbuat dari beton lebih sering digunakan pada proyek konstruksi, hal ini dikarenakan material beton pada fondasi tiang pancang lebih tahan dan awet terhadap suhu, kelembaban dan kekuatan beton yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan dibandingkan dengan material baja dan kayu.

3.3.2 Metode *Jack-In Pile*

Filbert dkk. (2013) menyatakan bahwa *jack-in pile* adalah suatu metode pemancangan fondasi tiang pancang yang pada pelaksanaannya ditekan masuk ke dalam tanah dengan menggunakan dongkrak hidrolik yaitu *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD) yang diberi beban *counterweight* sehingga pada pelaksanaannya tidak terlalu menimbulkan getaran dan gaya tekan pada dongkrak dapat langsung terbaca sehingga dapat diketahui gaya tekan pada tiang terhadap tanah setiap mencapai kedalaman tertentu.

Adapun Langkah-langkah pelaksanaan metode *Jack-In Pile* sebagai berikut.

1. Titik yang akan dipancang dibor terlebih dahulu beberapa meter oleh *rotary drilling machine*.
2. Setelah titik rencana dibor, maka *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD) bergerak ke titik rencana hingga lubang pengikat (*grip*) berada tepat diatas titik yang telah dibor.
3. Pengangkatan tiang pancang menggunakan *mobile crane* atau sejenisnya jika alat pancang tidak tersedia *service crane*.
4. Memasukkan tiang pancang secara perlahan kedalam lubang pengikat tiang (*grip*)
5. Jika diharuskannya dilakukan sambungan las, maka pengelasan tepat diatas lubang pengikat.
6. Ketika sudah dilakukannya pengelasan, sistem *jack-in* akan naik dan menjepit tiang dengan penjepit. Ketika tiang sudah dijepit dengan erat, maka tiang mulai ditekan kebawah secara kontinu.

7. Penekanan dilakukan hingga kedalaman mencapai *final set* atau ketika gaya tekan pada tiang tersebut telah mencapai kapasitas rencana yang dapat dilihat pada manometer yang terpasang.

3.4 Kecelakaan Kerja

Peraturan Menteri Tenaga Kerja (Permenaker) Nomor: 03/Men/1998 (1998) yang dikutip oleh Tim K3 FT UNY (2014) dalam buku Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) menyatakan bahwa kecelakaan akibat kerja adalah suatu kejadian yang tidak dikehendaki serta tidak terduga yang dapat menimbulkan korban jiwa maupun kerugian harta benda.

Aswar dkk. (2016) dalam Hasibuan dkk. (2020) menyatakan bahwa kecelakaan adalah suatu peristiwa yang tidak terduga dan tidak dikehendaki namun dapat menimbulkan kerugian baik itu waktu, harta benda, atau korban jiwa yang terjadi dalam suatu operasional industri atau yang berkaitan dengannya baik itu terjadi di tempat kerja maupun di luar tempat kerja yang ada kaitannya dengan tempat kerja yang mana kecelakaan kerja ini umumnya mengandung unsur tidak terduga, tidak diharapkan, dan menimbulkan kerugian.

Dari beberapa definisi yang ada, dapat disimpulkan menurut Romas dkk. (2022) ada tiga hal yang perlu digaris bawahi mengenai kecelakaan kerja:

1. Tidak diduga. Hal ini dikarenakan kejadian kecelakaan kerja dapat dipastikan tidak dilakukan dengan sengaja dan tidak direncanakan.
2. Tidak diinginkan. Hal ini dikarenakan banyaknya kerugian dan dampak buruk yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja, sehingga terjadinya kecelakaan kerja dapat dipastikan merupakan suatu hal yang tidak diinginkan.
3. Menimbulkan kerugian. Hal ini dikarenakan terjadinya kecelakaan kerja dapat dipastikan menimbulkan kerugian baik itu pada tenaga kerja, proses kerja, alat kerja, lingkungan kerja, dan masyarakat setempat.

Berdasarkan pengertian sebelumnya, menurut Romas dkk. (2022) kejadian kecelakaan kerja dapat berupa:

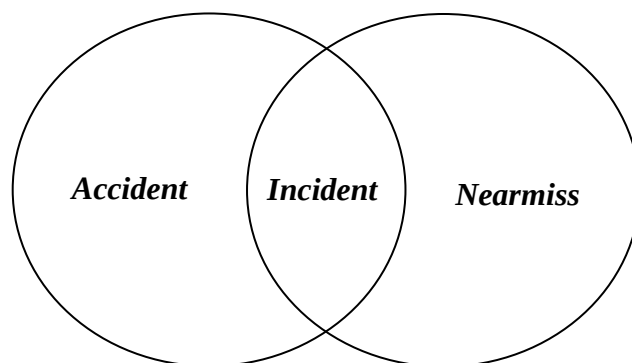
1. Kecelakaan kerja industri. Kecelakaan kerja industri yaitu kecelakaan kerja yang terjadi di tempat kerja yang diakibatkan karena adanya potensi terjadinya kecelakaan kerja di sana.
2. Kecelakaan kerja di dalam perjalanan atau akibat hubungan kerja. Kecelakaan kerja ini terjadi di luar tempat kerja seperti dalam perjalanan. Namun, kecelakaan ini terjadi akibat adanya perjalanan yang berhubungan dengan pekerjaan baik itu menuju atau pulang dari tempat kerja.

3.4.1 Klasifikasi Kecelakaan Kerja

Menurut Romas dkk. (2022) kecelakaan kerja tidak selalu diukur dengan adanya cedera atau meninggal. Namun, terdapat 3 rentetan peristiwa yang mendahului kejadian kecelakaan kerja sebagai berikut.

1. *Incident* (Insiden) yaitu kejadian yang tidak terduga serta tidak mengakibatkan cedera atau penyakit namun dapat mengakibatkan kerusakan pada *property*
2. *Accident* (Kecelakaan) yaitu kejadian yang tidak terduga serta tidak diinginkan yang mengakibatkan kerugian baik berupa cedera, kerusakan *property*, ataupun penyakit.
3. *Near miss* (Hampir Celaka) yaitu kejadian yang tidak terduga serta tidak diinginkan yang nyaris terjadi namun tidak menimbulkan kerugian.

Ketiga kejadian tersebut dapat diilustrasikan secara sederhana sebagai berikut.



Gambar 3.2 Keterkaitan Accident, Incident, dan Nearmiss

Sedangkan klasifikasi kecelakaan kerja menurut *International Labour Organization* (ILO) tahun 1962 dalam Suma'mur (2009) adalah sebagai berikut.

1. Klasifikasi kecelakaan berdasarkan jenis kecelakaan, yaitu:
 - a. Orang jatuh.
 - b. Tertimpa benda jatuh.
 - c. Tertumbuk benda.
 - d. Terjepit.
 - e. Terkena benda panas.
 - f. Kehabisan tenaga.
 - g. Terpapar radiasi.
 - h. Terkena arus listrik.
 - i. Terkena benda panas atau suhu tinggi
2. Klasifikasi kecelakaan berdasarkan perantaranya, yaitu:
 - a. Mesin seperti mesin penggiling, mesin pemotong, mesin pembangkit listrik, serta mesin-mesin lainnya yang berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja.
 - b. Alat angkut dan alat angkat seperti *dump truck*, *bulldozer*, alat angkutan diatas rel, alat angkutan udara, alat angkutan air, dan alat angkutan lainnya
 - c. Peralatan lain seperti tangga berjalan, instalasi listrik, perancah, alat-alat kerja, dan peralatan lainnya.
 - d. bahan-bahan serta zat berbahaya seperti debu, bahan-bahan peledak, bahan-bahan yang mengandung radiasi, gas beracun dan bahan lainnya.
 - e. Lingkungan kerja dan penyebab lainnya.
3. Klasifikasi berdasarkan sifat luka atau kelainan seperti luka bakar, keracunan, akibat cuaca, pengaruh radiasi, luka di permukaan, dislokasi, tegang otot, memar, dan sifat lainnya.

3.4.2 Cedera Akibat Kecelakaan Kerja

Heinrich dkk. (1980) dalam Tim K3 FT UNY (2014) menyatakan cedera akibat kecelakaan kerja adalah luka atau kelainan pada anggota tubuh seperti patah, retak, cabikan dan lain sebagainya yang diakibatkan oleh kecelakaan. Adapun

bagian tubuh yang terkena cedera dan sakit terbagi menjadi beberapa bagian seperti kepala, mata, leher, batang tubuh, bahu, punggung, sistem tubuh, alat gerak atas, alat gerak bawah, dan bagian-bagian lainnya.

Menurut standar Australia AS 1885-1 (1990) dalam Tim K3 FT UNY (2014) terdapat beberapa klasifikasi mengenai cedera dan keparahannya sebagai berikut.

1. Cedera fatal (*fatality*). Cedera fatal (*fatality*) yaitu kematian yang disebabkan oleh penyakit akibat kerja atau cedera berat.
2. Cedera yang menyebabkan hilangnya waktu kerja (*Loss Time Injury*). *Loss time injury* yaitu kejadian atau cedera yang menyebabkan kematian, cacat permanen, ataupun kehilangan waktu kerja.
3. Cedera yang menyebabkan hilangnya hari kerja (*Loss Time Day*). *Loss time day* adalah ketika jadwal masuk kerja karyawan namun korban yang mengalami cedera tidak bisa masuk dikarenakan cederanya. Namun jika kehilangan lebih dari 220 hari kerja maka masuk ke dalam pengelompokan cedera fatal.
4. Cedera dengan kerja terbatas (*restricted duty*). *Restricted duty* adalah pemindahan tugas yang dibebankan kepada pekerja dikarenakan pekerjaan tersebut tidak mampu dikerjakan secara penuh oleh pekerja dikarenakan cedera yang dialaminya. Hal ini berlaku terhadap perubahan lingkungan pola kerja atau jadwal kerja.
5. Cedera yang dirawat di rumah sakit (*medical treatment injury*). *Medical treatment injury* merupakan kecelakaan kerja yang mana korban ditangani oleh tenaga ahli medis dan diharuskan untuk dirawat di rumah sakit, namun kelompok cedera ini tidak termasuk cedera hilang waktu kerja.
6. Cedera ringan (*first aid injury*). *First aid injury* merupakan cedera ringan akibat dari kecelakaan kerja yang mana cedera ini masih dapat ditangani dengan pertolongan pertama seperti mata kemasukan debu, lecet, memar, dan lain sebagainya.
7. Kecelakaan yang tidak menimbulkan cedera (*non injury incident*). *Non injury incident* adalah sebuah kejadian yang berpotensi menyebabkan

kecelakaan kerja atau penyakit akibat kerja. Pengelompokan ini tidak termasuk dengan kecelakaan kerja kebakaran, peledakan dan bahaya pembuangan limbah.

3.4.3 Penyebab Kecelakaan Kerja

Terdapat beberapa faktor yang menjadi penyebab terjadinya kecelakaan kerja. Menurut Husni (2003) dalam Tim K3 FT UNY (2014) menyatakan bahwa pada umumnya terdapat 4 faktor penyebab utama terjadinya kecelakaan kerja, yaitu:

1. Faktor manusia yang dipengaruhi oleh keterampilan, sikap, dan pengetahuan.
2. Faktor material yang memiliki sifat dapat memunculkan risiko terjadinya kecelakaan kerja.
3. Faktor sumber bahaya yaitu seperti metode kerja yang kurang tepat, sikap kerja yang tidak sesuai, kondisi tubuh yang kurang sehat namun dipaksakan untuk bekerja dan lain sebagainya.
4. Faktor perantara yang dihadapi seperti kurangnya perawatan, pemeliharaan, atau peralatan sehingga tidak dapat bekerja secara sempurna

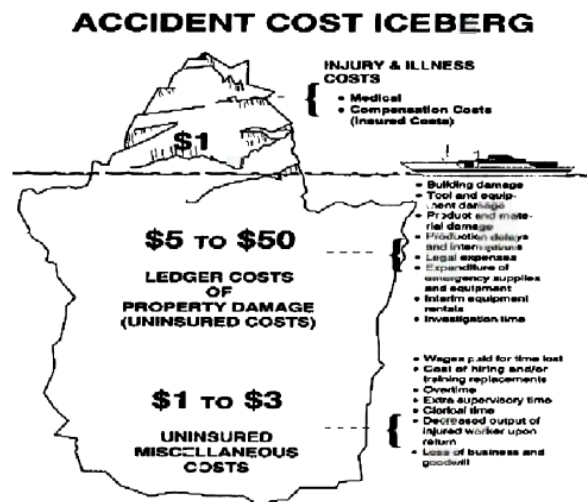
Menurut Bennet N.B dan Rumondang (1995) faktor penyebab terjadinya kecelakaan kerja pada umumnya selalu diartikan sebagai “kejadian yang tidak terduga”. Namun setiap kecelakaan akibat kerja dapat diramalkan dan diminimalisir risiko terjadinya jika perbuatan dan kondisi tidak memenuhi persyaratan pada pelaksanaan pekerjaan dapat diketahui lebih awal. Adapun perbuatan bahaya pada pelaksanaan pekerjaan memiliki porsi 80% menjadi penyebab terjadinya kecelakaan kerja serta kondisi tidak selamat sebesar 20%. Perbuatan berbahaya dapat disebabkan oleh beberapa hal sebagai berikut.

1. Gangguan Psikologis
2. Keletihan
3. Sikap dalam pengetahuan, keterampilan, dan sikap.

3.4.4 Kerugian Akibat Kecelakaan Kerja

Kecelakaan kerja merupakan kejadian yang tidak diinginkan dikarenakan menimbulkan banyak kerugian yang tidak hanya sekedar cedera atau kesakitan.

Kerugian akibat kecelakaan kerja dapat dilihat pada Teori *Accident Cost Iceberg* atau teori gunung es berikut:



Gambar 3.3 Accident Cost Iceberg

(Sumber: Romas dkk. 2022)

Teori kerugian kecelakaan kerja gunung es ini mengilustrasikan beberapa tingkatan kerugian yang diakibatkan kecelakaan kerja. Fenomena gunung es yang terlihat kecil diatas permukaan menggambarkan biaya langsung seperti biaya pengobatan dan perawatan serta biaya kompensasi (asuransi) yang mana berdasarkan teori ini biaya tersebut memiliki perbandingan 1:5 hingga 1:50 dengan biaya yang ada di bawahnya.

Pada bagian gunung es di bawahnya, menggambarkan biaya tidak langsung yang digambarkan memiliki perbandingan biaya yang lebih tinggi dibandingkan biaya langsung seperti:

1. Biaya kerusakan aset yang tidak diasuransikan. Biaya kerusakan aset yang tidak diasuransikan meliputi kerusakan bangunan, kerusakan alat dan mesin, gangguan dan terhentinya produksi, biaya administrative, sewa mesin sementara, kerusakan produk dan bahan/material, atau pengeluaran sarana/prasarana darurat.

2. Biaya lain-lain yang tidak diasuransikan. Biaya lain-lain yang tidak diasuransikan dapat meliputi waktu untuk investigasi, biaya perekrutan dan pelatihan, biaya ekstra pengawas, pembayaran gaji untuk waktu yang hilang, biaya lembur, waktu untuk administrative, kerugian bisnis dan nama baik serta penurunan kemampuan tenaga kerja yang kembali karena cedera.

3.5 Bahaya dan Risiko

Canadian Center for Occupational Health and Safety (2020) dalam Romas dkk. (2022) menyatakan bahwa bahaya adalah segala sesuatu yang berpotensi menyebabkan kerusakan atau efek kesehatan yang dapat merugikan sesuatu atau seseorang. Sedangkan risiko adalah seseorang atau sesuatu yang berpeluang mengalami kerugian atau mengalami dampak jika terkena bahaya.

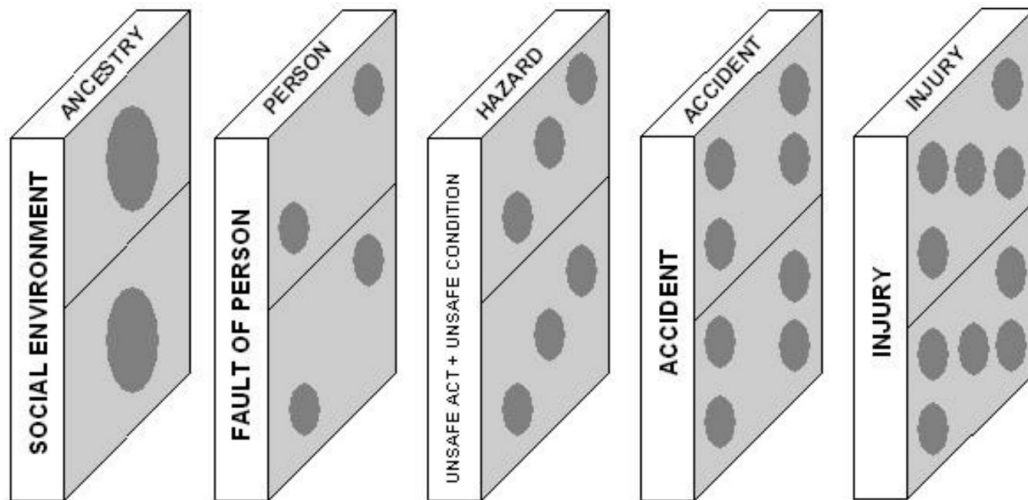
Berdasarkan pengertian diatas, maka bahaya dan risiko merupakan suatu hal yang berbeda namun saling berkaitan yang mana suatu kecelakaan kerja dapat terjadi jika ada bahaya di tempat kerja dengan risikonya masing-masing.

3.6 Teori Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja

3.6.1 Teori Domino oleh Heinrich (1950)

Teori Domino oleh Heinrich pada tahun 1950 mengungkapkan bahwa kecelakaan kerja merupakan efek domino yang disebabkan oleh:

1. Domino lingkungan
2. Domino kesalahan dari orang
3. Domino bahaya (Tindakan dan kondisi tidak aman)
4. Domino kecelakaan
5. Domino cedera



Gambar 3.4 Teori Domino oleh Heinrich (1950)

(Sumber: Heinrich dkk., 1980)

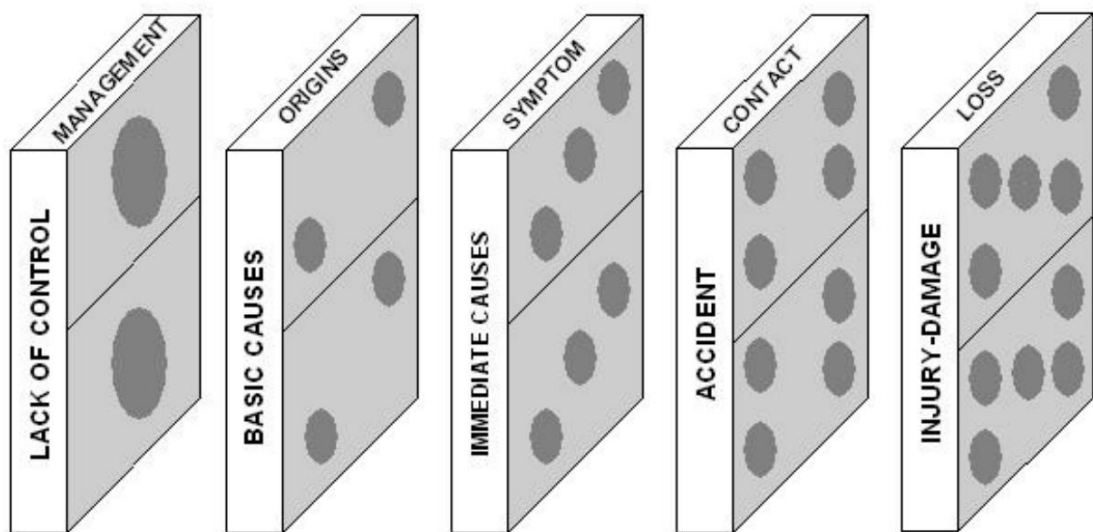
3.6.2 Teori Domino oleh Frank E. Bird dan Germain (1986)

Teori Domino oleh Frank Bird E. Bird dan Germain (1986) mengungkapkan bahwa penyebab kecelakaan kerja adalah efek domino dari :

1. Lemahnya Kontrol. Lemahnya kontrol pada teori ini adalah ketidaktersedianya atau ketidaksiapnya program dan standar pemenuhan serta ketidakpatuhan terhadap standar dan aturan yang berlaku.
2. Penyebab Dasar. Penyebab dasar ini dapat berupa faktor personal dan pekerjaan. Faktor personal dapat berupa segala hal yang melekat pada pekerja seperti kemampuan fisik dan mental, kurang keahlian, kurang pengetahuan, dan motivasi yang rendah. Sedangkan faktor pekerjaan dapat berupa SOP yang kurang, pemeliharaan yang kurang, salah penggunaan, kurangnya peralatan, dan lain sebagainya.
3. Penyebab Langsung. Penyebab langsung dapat berupa tindakan tidak aman dan kondisi yang tidak sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan. Tindakan tidak aman dapat berupa tidak adanya peringatan pada pekerjaan yang berpotensi penyebab terjadinya kecelakaan, tidak adanya alat pengaman, alat bekerja melebihi batas yang sudah ditetapkan, memakai alat yang sudah tidak layak digunakan, Alat pelindung diri yang tidak sesuai, serta perilaku lainnya yang dapat menyebabkan terjadinya

kecelakaan. Sedangkan kondisi yang tidak sesuai dengan standar yaitu dapat berupa ruang kerja yang sempit/terbatas, kerapihan yang sangat kurang, kebisingan yang tinggi, sistem peringatan yang tidak berfungsi atau kurang berfungsi dengan baik, ventilasi atau sirkulasi udara yang kurang baik dan kondisi lingkungan tidak aman lainnya.

4. Insiden merupakan kejadian yang berupa kontak langsung seperti dengan energi dan bahan-bahan-bahan berbahaya, tabrak/menabrak, terpukul, terpotong, terjepit, tersengat listrik, terpapar radiasi, dingin, beban kerja yang tinggi, kegagalan fungsi mesin atau alat kerja, dan lain sebagainya.
5. Kerugian dapat berupa kerugian pada manusia (berupa luka, tidak mampu bekerja, cacat permanen, hingga meninggal dunia), kerugian pada properti (kerusakan atau kehilangan), kerugian pada proses (proses terhenti), dan kerugian pada konsumen (ketidaktersediaan produk/jasa).



Gambar 3.5 Teori Domino oleh Frank Bird E. Bird dan Germain (1986)

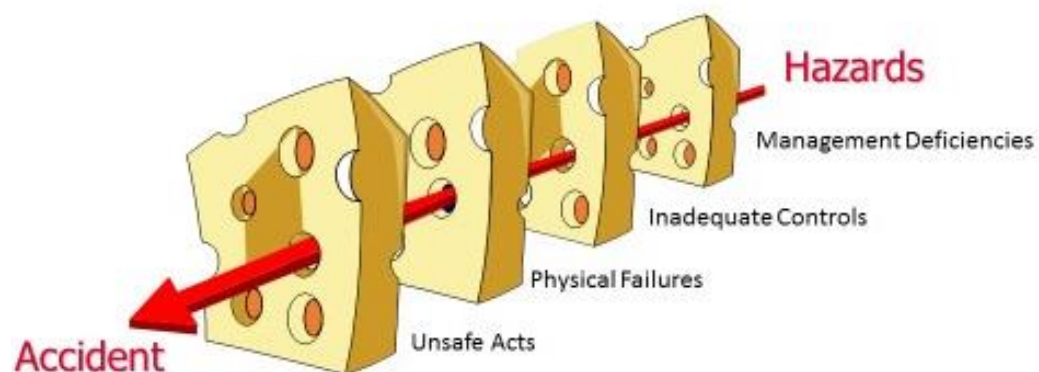
(Sumber: Heinrich dkk., 1980)

3.6.3 Teori Keju Swiss (*Swiss Cheese Model*)

Teori Keju Swiss merupakan teori yang dikembangkan oleh James T. Reason pada tahun 1990 yang mengilustrasikan terjadinya kecelakaan kerja seperti potongan keju Swiss pada setiap lapisan-lapisan keju yang menggambarkan

terdapat kelemahan serta potensi terjadinya kecelakaan kerja pada setiap lapisan tersebut. Adapun penyebab kecelakaan kerja menurut teori yang dikemukakan oleh James T. Reason ini adalah sebagai berikut.

1. Pengaruh kebijakan manajemen dan pengorganisasian
2. Pengawasan yang tidak baik
3. Kondisi yang mendukung munculnya tindakan tidak aman baik dari segi lingkungan maupun dari segi pekerjaanya
4. Tindakan tidak aman



Gambar 3.6 Teori Keju Swiss oleh James T. Reason

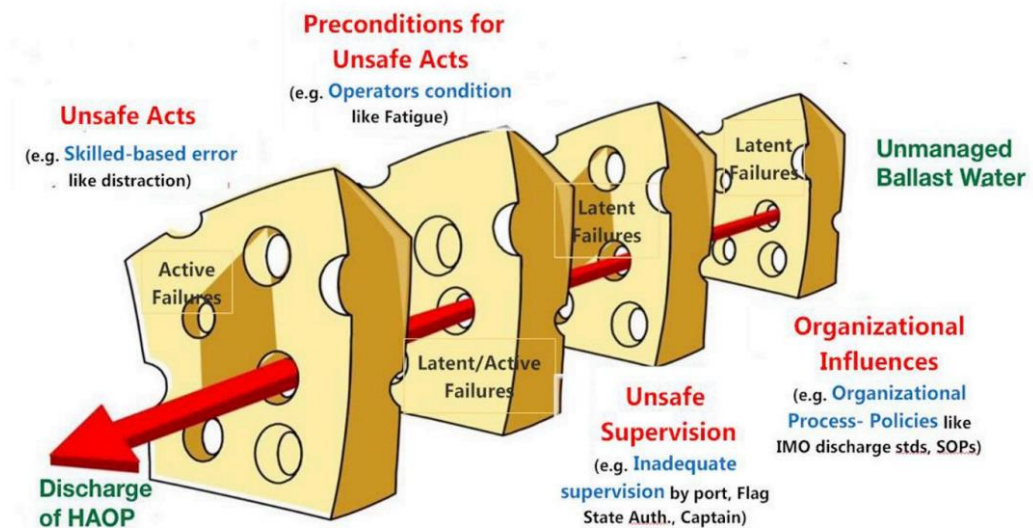
(Sumber: Romas dkk., 2022)

3.6.4 Teori *Human Factor Analysis and Classification System* (HFACS)

Teori HFACS yang dikembangkan oleh Weigmann pada tahun 2003 merupakan pengembangan dari teori Keju Swiss. Menurut teori ini penyebab kecelakaan kerja adalah sebagai berikut.

1. Tindakan tidak aman
2. Kondisi yang menyebabkan terjadinya tindakan tidak aman seperti kondisi operator, personel, dan faktor lingkungan.
3. Pengawasan yang tidak baik serta tidak memadai, pengoperasian yang tidak sesuai dengan SOP, pelanggaran, dan gagal menyelesaikan permasalahan yang telah diketahui.

4. Pengaruh organisasi seperti iklim dan budaya organisasi, sumber daya, dan proses operasional organisasi.



Gambar 3.7 Teori HFACS oleh Weigmann (2003)

(Sumber: Kuroshi dkk., 2016)

Dari beberapa teori diatas Romas dkk. (2022) menyimpulkan bahwa secara umum penyebab terjadinya kecelakaan kerja dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. **Penyebab Dasar**
 Penyebab dasar adalah penyebab yang mendasari atau penyebab awal mulanya terjadinya kecelakaan kerja yang meliputi
 - a. Komitmen dan pengawasan dalam penerapan K3 oleh pihak manajemen
 - b. Kondisi pekerja
 - c. Kondisi lingkungan kerja
2. **Penyebab Utama**
 Penyebab utama adalah faktor utama yang tidak terpenuhi dengan baik dan benar sehingga terjadinya kecelakaan kerja yang meliputi:
 - a. Tindakan tidak aman
 - b. Kondisi tidak aman
 - c. Interaksi manusia, mesin, lingkungan kerja, dan peralatan kerja.

3.7 Keselamatan dan Kesehatan Kerja

3.7.1 Definisi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Romas dkk. (2022) Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada suatu lingkungan kerja merupakan suatu bentuk perlindungan kesehatan dan keselamatan kerja bagi seluruh tenaga kerja dan seluruh sumber-sumber produksi perusahaan. K3 merupakan prioritas utama pada sebuah lingkungan kerja, hal ini dikarenakan sumber daya manusia merupakan aset penting dalam lingkungan kerja sehingga perlu adanya upaya perlindungan terhadap Kesehatan dan keselamatan kerja. Adapun beberapa fungsi dan tujuan secara umum penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) menurut Romas dkk. (2022) adalah sebagai berikut:

1. Melindungi serta memelihara keselamatan dan kesehatan seluruh tenaga kerja sehingga kinerjanya dapat meningkat.
2. Memastikan dan menjaga keselamatan dan kesehatan seluruh tenaga kerja yang ada di lingkungan kerja.
3. Memastikan seluruh sumber produksi terpelihara dengan baik serta dapat digunakan secara aman dan efisien.

3.7.2 Alat Pelindung Diri (APD)

Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor PER 08/MEN/VII/2010 mendefinisikan bahwa Alat Pelindung Diri (APD) adalah suatu alat yang memiliki kemampuan untuk melindungi seseorang yang fungsinya mengisolasi Sebagian atau seluruh tubuh dari potensi bahaya yang ada di lingkungan kerja. Adapun menurut Romas dkk. (2022) mengenai jenis-jenis alat pelindung diri adalah sebagai berikut:

1. *Safety Helmet* : Berfungsi sebagai pelindung kepala dari benda yang dapat mengenai kepala secara langsung.
2. *Safety Belt* : Berfungsi sebagai alat pengaman ketika berkendara atau instrumen lain yang sejenis.
3. *Safety Boot* : Berfungsi sebagai proteksi kaki dari benda tajam, panas, berat, cairan kimia dan sebagainya karena pada umumnya terdapat lapisan metal.

4. *Safety Gloves* : Berfungsi sebagai alat pelindung tangan sehingga tangan dapat terlindungi dari material, bahan-bahan, atau kegiatan yang dapat mengakibatkan cedera tangan.
5. *Ear Muff* : Berfungsi sebagai pelindung telinga dari kebisingan yang ada di lingkungan kerja.
6. *Safety Glasses* : Berfungsi sebagai pelindung mata dari segala material luar ataupun ketika sedang mengelas.
7. *Respirator* : Berfungsi sebagai penyaring udara ketika dihirup saat bekerja dengan kualitas udara yang buruk.
8. *Face Shield* : Berfungsi sebagai pelindung wajah dari berbagai percikan benda asing.
9. *Rain Coat* : Berfungsi sebagai proteksi dari percikan air saat bekerja.

3.8 Pengendalian Risiko

Tim K3 FT UNY (2014) menyatakan bahwa prinsip dari Analisa K3 adalah mencari penyebab dari seluruh tingkatan lapisan pokok penyebabnya hingga dapat diketahui penyebab utamanya dan dapat dilakukan perbaikan. Pencegahan kecelakaan kerja harus dimulai dari diidentifikasinya bahaya ditempat kerja agar pencegahan kecelakaan kerja dapat dilakukan dengan baik. Bahaya yang sudah diidentifikasi dan dinilai maka dapat dilakukan perencanaan pengendalian risiko untuk mengurangi risiko hingga batas maksimal.

Pengendalian risiko dapat dilakukan pendekatan dengan Hirarki Pengendalian (*Hierarchy of Control*) yang mana merupakan urutan-urutan dalam pencegahan dan pengendalian risiko yang terdiri dari beberapa tingkatan secara berurutan. Hirarki rencana pengendalian tersebut adalah sebagai berikut.

1. *Elimination* (Eliminasi)
Pengendalian risiko yang pertama adalah dapat dilakukannya eliminasi terhadap potensi bahaya yang ada jika memungkinkan dilakukannya eliminasi.
2. *Substitution* (Substitusi)

Pengendalian risiko yang kedua adalah dapat dilakukannya substitusi atau menggantikan bahan-bahan dan peralatan yang berpotensi menimbulkan bahaya dengan bahan-bahan dan peralatan yang kurang berbahaya.

3. *Engineering Control* (Rekayasa Teknik)

Pengendalian risiko yang ketiga adalah merubah struktur obyek kerja untuk mencegah seseorang terpapar potensi bahaya yaitu dapat dilakukan dengan pemberian pengaman mesin, penutup ban, dan lain sebagainya.

4. *Administration Control* (Pengendalian Administrasi)

Pengendalian risiko yang kelima adalah dengan menyediakan suatu sistem kerja yang dapat mengurangi potensi seseorang terpapar bahaya yang tergantung dari perilaku pekerjaannya seperti pengaturan waktu kerja dan waktu istirahat.

5. Alat Pelindung Diri (APD)

Pengendalian risiko yang terakhir pada hirarki pengendalian risiko adalah digunakannya alat pelindung diri untuk membatasi terpaparnya tubuh dengan potensi bahaya yang akan diterima oleh tubuh



Gambar 3.8 Hirarki Pengendalian Risiko

(Sumber: <https://sipil.uma.ac.id/hirarki-pengendalian-bahaya-lengkap-menggunakan-studi-perkara/>)

3.9 Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

3.9.1 Pengertian SMK3

Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia, yaitu Permenaker No.05/MEN/1996, 1996 mendefinisikan bahwa Sistem Manajemen Keselamatan

dan Kesehatan Kerja (SMK3) merupakan bagian dari sistem manajemen secara keseluruhan yang meliputi struktur organisasi, perencanaan, tanggung jawab, pelaksanaan, prosedur, proses, dan sumber daya yang dibutuhkan bagi pengembangan, penerapan, pencapaian, pengkajian, dan pemeliharaan kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja dalam pengendalian risiko yang terjadi seminimal mungkin berkaitan dengan kegiatan kerja agar terciptanya tempat kerja yang aman efisien dan produktif.

3.9.2 Manfaat Penerapan SMK3

Menurut Tarwaka (2008) dalam Pangkey (2012) menyatakan bahwa manfaat penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) adalah sebagai berikut:

1. Unsur sistem operasional dapat diketahui kelemahan-kelemahannya oleh pihak manajemen sebelum timbul berbagai macam masalah.
2. Kinerja tentang K3 di perusahaan dapat diketahui secara jelas dan lengkap.
3. Meningkatkan pemenuhan terhadap peraturan perundangan bidang K3.
4. Meningkatnya pengetahuan, kesadaran, dan keterampilan bagi karyawan dalam pelaksanaan audit mengenai K3.
5. Dapat meningkatkan produktivitas kerja

3.9.3 Penerapan SMK3

Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia No.05/MEN/1996 mengenai pedoman penerapan SMK3 yang berlaku di Indonesia adalah sebagai berikut:

1. Komitmen dan Kebijakan
 Pengusaha dan pengurus tempat kerja harus menetapkan komitmen dan kebijakan K3 serta mengurus seluruh administrasi mengenai hal tersebut yang mana terdapat 3 hal penting yang harus diperhatikan yaitu:
 - a. Kepemimpinan dan komitmen
 - b. Tinjauan awal K3
 - c. Kebijakan K3
2. Perencanaan
 Pada tahap perencanaan ini, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan

- a. Perencanaan identifikasi bahaya, penilaian serta pengendalian risiko dari kegiatan, produk barang dan jasa.
- b. Pemenuhan akan peraturan perundangan.
- c. Menetapkan sasaran dan tujuan dari kebijakan K3.
- d. Melakukan penilaian kinerja K3 serta menentukan indikator sebagai informasi keberhasilan tercapainya SMK3.
- e. Menetapkan sistem pertanggungjawaban dan saran dalam pencapaian kebijakan K3.
- f. Keberhasilan penerapan dan pelaksanaan SMK3 harus terdefinisi dengan baik serta dapat diukur.

3. Penerapan

Yang perlu diperhatikan oleh perusahaan pada tahap ini adalah sebagai berikut.

- a. Jaminan Kemampuan
 - 1). Sumber daya manusia, fisik, dan finansial
 - 2). Integrasi
 - 3). Tanggung jawab dan tanggung gugat.
 - 4). Konsultasi, motivasi, dan kesadaran.
 - 5). Pelatihan dan keterampilan.
- b. Dukungan Tindakan
 - 1). Komunikasi
 - 2). Pelaporan
 - 3). Dokumentasi
 - 4). Pengendalian dokumen
 - 5). Pencatatan manajemen operasi
- c. Identifikasi Sumber Bahaya dan Pengendalian Risiko
 - 1). Identifikasi sumber bahaya
 - 2). Penilaian risiko
 - 3). Tindakan pengendalian
 - 4). Perencanaan dan rekayasa
 - 5). Pengendalian administrative

- 6). Tinjauan ulang kontrak
- 7). Pembelian
- 8). Prosedur tanggap darurat atau bencana
- 9). Prosedur menghadapi insiden
- 10). Prosedur rencana pemulihan
- d. Pengukuran dan Evaluasi
 - 1). Inspeksi dan pengujian
 - 2). Audit SMK3
 - 3). Tindakan perbaikan dan pencegahan
- e. Tinjauan Oleh Pihak Manajemen
 - 1). Evaluasi penerapan kebijakan K3
 - 2). Tujuan, sasaran, dan kinerja K3
 - 3). Hasil temuan audit SMK3
 - 4). Evaluasi efektivitas SMK3

3.10 Building Information Modelling (BIM)

3.10.1 Definisi Building Information Modelling (BIM)

Menurut *National Institute of Building Science* (NIBS) dalam Mordue (2022) menyatakan:

“A BIM is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. As such it serves as a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its lifecycle from inception onward.”.

“BIM adalah representasi digital dari karakteristik fisik dan fungsional dari sebuah fasilitas, yang berfungsi sebagai sumber pengetahuan bersama tentang informasi fasilitas sebagai dasar yang andal untuk keputusan selama siklus hidup bangunan.”

Autodesk juga mendefinisikan *Building Information Modelling* (BIM) dalam Mordue (2022) sebagai berikut.

“BIM is a process that involves creating and using an intelligent 3D model to inform and communicate project decisions. Design,

visualization, simulation and collaboration enabled by Autodesk BIM solutions provide greater clarity for all stakeholders across the project lifecycle. BIM makes it easier to achieve project and business goals.”

“BIM adalah proses yang melibatkan pembuatan dan penggunaan model 3D cerdas untuk menginformasikan dan mengkomunikasikan keputusan proyek. Desain, visualisasi, simulasi dan kolaborasi yang diaktifkan oleh solusi BIM Autodesk, menyediakan kejelasan yang lebih besar untuk semua pemangku kepentingan di seluruh siklus hidup proyek. BIM membuat lebih mudah untuk mencapai tujuan proyek dan bisnis.”

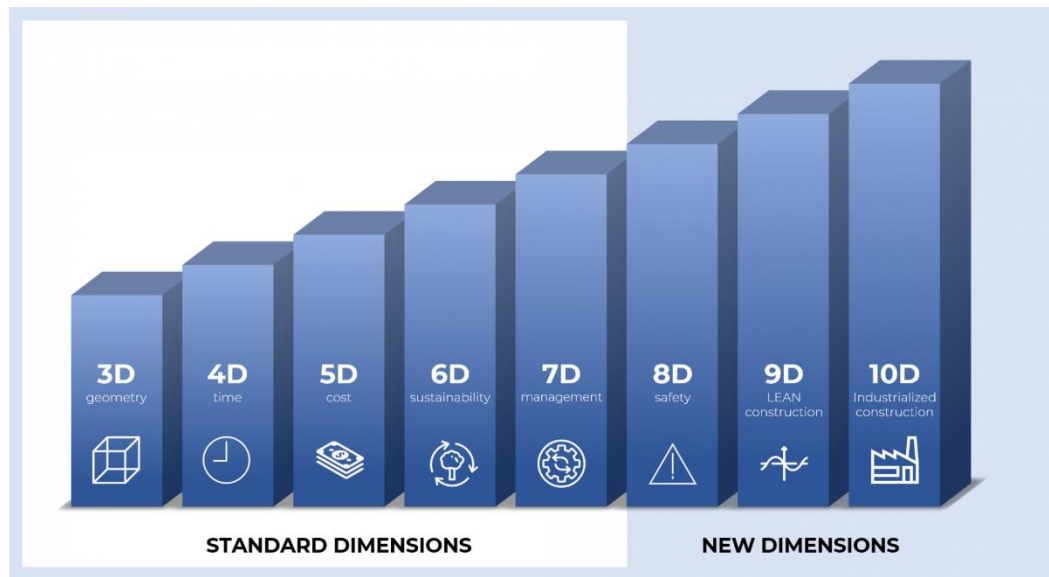
Dari berbagai definisi *Building Information Modelling* (BIM) yang ada maka dapat disarikan esensi dari sebuah BIM. Putera (2022) menyatakan bahwa konsep definisi *Building* dalam istilah BIM dimaknai dengan “membangun” bukan “bangunan”. Konsep ini lebih relevan dengan adanya *built environment* pada BIM seperti rel kereta api, jalan raya, jembatan, gedung, terowongan, dan arsitektur lansekap.

Sedangkan konsep definisi *Information* dalam istilah BIM adalah berbagi informasi terstruktur yang terdiri dari berbagai informasi seperti informasi non grafis, dokumen, gambar, dan model geometri 3D.

Modeling menurut Putera (2022) pada konsep *Building Information Modelling* (BIM) bermakna suatu proses untuk menghasilkan model geometric, simulasi berbagai elemen perancangan pada suatu ases baik dari segi struktur, arsitektur, maupun MEP, serta elemen-elemen lainnya.

3.10.2 Dimensi *Building Information Modelling* (BIM)

Dimensi BIM mengacu pada tipe data tertentu yang terkait dengan model informasi yang mana setiap dimensi dan data yang ditambahkan ke dalamnya memberikan pemahaman dan informasi yang lebih luas.



Gambar 3.9 Dimensi BIM

(Sumber: <https://buildext.com/en/bim-dimensions/>)

Centre Line Studio, n.d dalam Putera (2022) menjelaskan mengenai dimensi pada BIM seperti pada Gambar 3.9 sebagai berikut:

1. 1D (Proses dan Tata Kelola)
Hal ini meliputi undang-undang, kontrak, kewajiban penggunaan BIM dalam pekerjaan umum, persyaratan baru, dan model rekrutmen.
2. 2D (Gambar dari Model 3D)
Hal ini meliputi alur kerja dan rencana implementasi.
3. 3D (Visualisasi Model)
Dimensi 3D merupakan proses membuat dan berbagi informasi grafis dan non-grafis. Visualisasi 3D BIM memungkinkan pengguna dapat melihat bangunan dalam bentuk 3D sebelum pekerjaan dimulai.
4. 4D (Dimensi Waktu)
Dimensi 4D merupakan dimensi waktu pada alur pekerjaan di suatu proyek yang digunakan untuk merencanakan dan mengevaluasi berbagai konflik yang dapat menghambat jalannya konstruksi.
5. 5D (Perencanaan Biaya)

Dimensi 5D merupakan dimensi perencanaan biaya, pengukuran dan anggaran yang terintegrasi. Mengintegrasikan model 5D memungkinkan penerapan metode konstruksi yang hemat biaya, efisien, dan berkelanjutan dapat dicapai.

6. 6D (Analisis Konsumsi Energi, Efisiensi, Kesehatan, Keselamatan, dan Keberlanjutan)

Dimensi 6D ini mencakup informasi tentang operasi dan manajemen seperti informasi produsen, tanggal pemasangan, jadwal perawatan, masa pakai, dan lain sebagainya. Pada dimensi 6D ini BIM akan memberikan pengguna dengan rinci pemodelan energi akurat.

7. 7D (Mengintegrasikan Infrastruktur, *Real Estate*, Fasilitas, dan Manajemen Aset)

Dimensi 7D memungkinkan pihak terkait dapat melacak data yang terkait dengan aset seperti detail garansi, manual perawatan, dan pengoperasian, dan lain sebagainya. Hal ini dikarenakan dimensi 7D mengintegrasikan infrastruktur dan lain sebagainya mulai dari desain hingga pembongkaran. Tersedia pula proses untuk mengelola data supplier subkontraktor / dan komponen fasilitas melalui seluruh siklus hidup fasilitas.

8. 8D (Mengintegrasikan Tingkat Detail Seperti yang Dibangun)

Dimensi 8D menciptakan alur kerja nyata yang sesuai dengan kebutuhan serta menentukan persyaratan informasi yang perlu dilakukan untuk mencapainya.

9. 9D (Mengintegrasikan Konstruksi Ramping)

Metodologi kerja yang akan digunakan untuk penyelesaian proses BIM yang efektif

10. 10D (Industrialisasi Konstruksi)

Dimensi 10D berkaitan dengan manfaat keseluruhan untuk industrialisasi konstruksi mulai dari desain hingga pengelolaan struktur yang mana dimensi 10D ini merinci hambatan produktivitas dalam industri konstruksi.

3.11 Event Tree Analysis (ETA)

3.11.1 Pengertian *Event Tree Analysis* (ETA)

Alijoyo (2022) menyatakan “ *Event Tree Analysis* atau ETA merupakan suatu analisis untuk merepresentasikan urutan kejadian yang saling eksklusif dari suatu peristiwa risiko awal (*initial event*) sesuai alur berfungsi atau tidak berfungsinya sebuah sistem yang dirancang untuk menangani peristiwa tersebut.”

Adapun tujuan dari teknik ETA ini adalah untuk menentukan suatu peristiwa dapat dikendalikan oleh sistem dan prosedur keselamatan yang telah didesain dan diterapkan dalam sistem, atau akankah peristiwa tersebut berkembang menjadi suatu kecelakaan serius.

3.11.2 Langkah-Langkah Penerapan Teknik *Event Tree Analysis* (ETA)

Adapun langkah-langkah dalam penerapan Teknik *Event Tree Analysis* (ETA) adalah sebagai berikut:

1. Menentukan *Initial Event*

Langkah pertama dalam melakukan teknik *Event Tree Analysis* adalah dengan menentukan peristiwa risiko awal (*initial event*). Secara umum peristiwa risiko awal dapat dikategorikan ke salah satu kategori berikut:

- a. Kegagalan fungsi alat atau mesin yang beroperasi tidak sesuai dengan fungsinya
- b. *Human error*
- c. Kegagalan sistem
- d. Peristiwa eksternal

2. Menentukan Skenario Peristiwa

Langkah kedua setelah menentukan peristiwa risiko awal adalah menentukan skenario peristiwa. Pada Langkah ini dapat dibuat skenario bagaimana peristiwa tersebut akan ditangani atau dimitigasi yang mana penanganan yang ada untuk memitigasi peristiwa tersebut dicantumkan secara horizontal pada pohon analisis.

3. Menentukan Tingkat Kemungkinan Keberhasilan atau Kegagalan dari Suatu Penanganan.

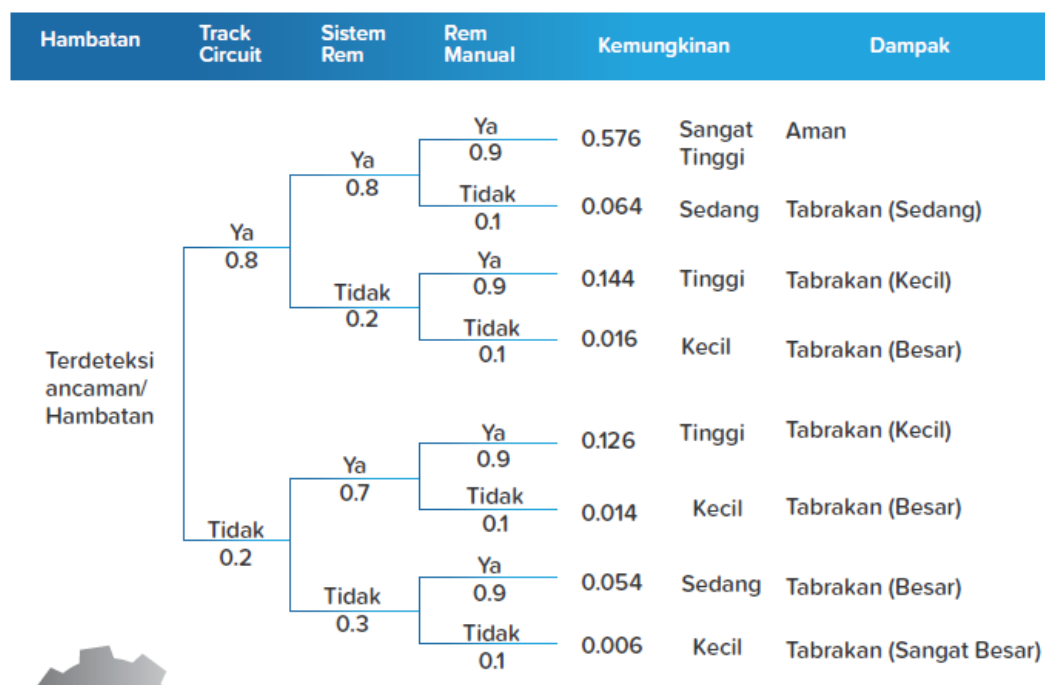
Tingkat kemungkinan tersebut dapat dibuat berdasarkan penilaian para ahli atau dengan menggunakan piranti lunak tertentu. Penentuan tingkat kemungkinan setiap alternatif peristiwa dapat juga dilakukan perkalian pada setiap probabilitas kemungkinan pada suatu penanganan.

4. Menentukan Tingkat Dampak Apabila Suatu Skenario Terjadi

Pada tahapan ini, setiap skenario yang sudah dibuat maka ditentukannya tingkat dampak dari suatu risiko dengan cara menentukan tingkat kriteria dampak risiko terlebih dahulu pada tahapan penetapan cakupan, konteks, dan kriteria dalam proses manajemen risiko (ISO 31000, 2018) yang dapat dinilai secara kualitatif maupun kuantitatif.

5. Evaluasi dan Rekomendasi

Pada hasil akhir ETA perlu dievaluasi untuk memastikan bahwa seluruh upaya/usaha dalam penanganan suatu peristiwa yang penting sudah dimasukkan ke dalam analisis dan dihitung hasil akhirnya.



Gambar 3.10 Contoh Event Tree Analysis Tingkat Kemungkinan dan Dampak

(Sumber: Alijoyo dkk.2022)

ALAT BANTU DAN TEKNIK	PROSES PENILIAN RISIKO				
	IDENTIFIKASI RISIKO	ANALISIS RISIKO			EVALUASI RISIKO
		Konsekuensi	Probabilitas	Tingkat Risiko	
Curah pendapat	SA*	NA*	NA	NA	NA
Wawancara terstruktur atau semi-terstruktur	SA	NA	NA	NA	NA
Delphi	SA	NA	NA	NA	NA
Daftar periksa	SA	NA	NA	NA	NA
Analisis pendahuluan potensi bahaya	SA	NA	NA	NA	NA
Studi potensi bahaya dan operabilitas (HAZOP)	SA	SA	A*	A	A
Analisis potensi bahaya dan titik kendali kritis (HACCP)	SA	SA	NA	NA	SA
Penilaian risiko lingkungan	SA	SA	SA	SA	SA
Struktur "apa-jika" (SWIFT)	SA	SA	SA	SA	SA
Analisis skenario	SA	SA	SA	A	A
Analisis dampak bisnis	A	SA	A	A	A
Analisis akar penyebab	NA	SA	SA	SA	SA
Analisis modus kegagalan dan dampak	SA	SA	SA	SA	SA
Analisis pohon kesalahan	A	NA	SA	A	A
Analisis pohon kejadian	A	SA	A	A	NA
Analisis sebab dan konsekuensi	A	SA	SA	A	A
Analisis sebab dan akibat	SA	SA	NA	NA	NA
Analisis lapisan proteksi (LOPA)	A	SA	A	A	NA
Pohon keputusan	NA	SA	SA	A	A
Analisi keandalan manusia	SA	SA	SA	SA	A
Analisis dasi kupu-kupu	NA	A	SA	SA	A
Pemeliharaan yang terpusat pada keandalan	SA	SA	SA	SA	SA
Analisis rangkaian selinap	A	NA	NA	NA	NA
Analisis Markov	A	SA	NA	NA	NA
Simulasi Monte carlo	NA	NA	NA	NA	SA
Statistik Bayesian dan Jaring Bayes	NA	SA	NA	NA	SA
Kurva	A	SA	SA	A	SA
Indeks risiko	A	SA	SA	A	SA
Matriks Konsekuensi/probabilitas	SA	SA	SA	SA	A
Analisis biaya/manfaat	A	SA	A	A	A
Analisis keputusan multikriteria (MCDA)	A	SA	A	SA	A

SA : Strongly Aplicable

A : Aplicable

NA : Not Aplicable

Gambar 3.11 Penerapan ETA Berdasarkan ISO 31010

(Sumber: Alijoyo dkk.2022)

3.11.3 Kelebihan dan Kekurangan Teknik *Event Tree Analysis* (ETA)

Alijoyo dkk. (2022) mengungkapkan kelebihan dan kekurangan dari teknik *Event Tree Analysis* (ETA) adalah sebagai berikut:

1. Kelebihan Teknik *Event Tree Analysis* (ETA)
 - a. ETA dapat digunakan pada sebuah sistem yang rumit dengan banyak penanganan.
 - b. ETA dapat membantu dalam memahami dengan cepat penanganan apa yang diperlukan agar tercegahnya atau terminimalisirnya dampak dari peristiwa tersebut sehingga dapat dibuatnya keputusan yang baik dalam penanganan suatu peristiwa risiko.
 - c. ETA dapat digunakan untuk menemukan beberapa alternatif hasil yang mungkin terjadi.
 - d. ETA dapat dibuat dengan metode yang sederhana tanpa bantuan piranti lunak.
2. Kekurangan Teknik *Event Tree Analysis* (ETA)
 - a. Terdapat potensi kehilangan peristiwa risiko awal yang penting dikarenakan teknik ETA mengidentifikasi semua peristiwa risiko diawal.
 - b. Sulit dalam melibatkan kejadian keberhasilan yang tertunda atau pemulihan dikarenakan teknik ETA hanya memiliki keadaan keberhasilan dan kegagalan dari suatu sistem yang ditangani.
 - c. Dapat membuat penggunaanya tergiring untuk terlalu dini menyimpulkan suatu persepsi optimis. Hal ini dapat terjadi dikarenakan terdapat potensi terlewatnya beberapa pertimbangan usaha perlindungan dan/atau penanganan risiko yang diperlukan dalam analisis.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Definisi Umum

Sugiono (2006) dalam buku Ahyar dkk. (2020) menyatakan bahwa metode penelitian pada umumnya merupakan suatu cara ilmiah untuk mendapatkan informasi atau data yang akan digunakan dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Pada dasarnya cara ilmiah memiliki beberapa ciri keilmuan yaitu rasional, empiris, dan sistematis. Rasional memiliki arti bahwa kegiatan penelitian tersebut dilakukan dengan cara yang masuk akal, sehingga dapat dipahami oleh penalaran manusia. Empiris berarti metode yang dilakukan dapat diamati oleh indera manusia, sehingga hal tersebut penting adanya dikarenakan orang lain dapat mengamati dan mengetahui cara-cara yang digunakan. Sistematis memiliki arti bahwa segala proses yang digunakan pada penelitian itu menggunakan Langkah-langkah yang bersifat logis dan tertata dengan baik.

4.2 Subjek dan Objek Penelitian

Surokim dkk. (2016) menyatakan bahwa subjek penelitian merupakan sesuatu yang diteliti baik orang, benda, hal, atau tempat data untuk variabel penelitian melekat, dan yang dipermasalahkan. Sedangkan objek penelitian merupakan sifat keadaan dari suatu benda, orang, atau yang menjadi pusat perhatian dan sasaran penelitian. Sifat keadaan yang dimaksud dapat berupa sifat, kualitas, dan kuantitas yang dapat berupa perilaku, kegiatan, pandangan penilaian, dan pendapat.

Proyek Pembangunan Gedung Arjuna Yogyakarta merupakan rencana pembangunan gedung 20 lantai dengan menggunakan struktur beton bertulang pada bagian atas dan fondasi dalam tiang pancang pada struktur bagian bawah yang dijadikan objek pada penelitian ini.

4.3 Data dan Metode Penelitian

4.3.1 Data Penelitian

Data penelitian merupakan fakta atau keterangan yang menggambarkan persoalan atau hasil pengamatan mengenai objek yang diteliti sehingga dapat dijadikan bahan untuk menyusun informasi. Menurut sumbernya data yang digunakan dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu:

1. Data Primer

Ahyar dkk. (2020) menyatakan bahwa data primer dalam suatu penelitian merupakan sumber data yang diperoleh secara langsung dari sumber pertama atau tempat objek penelitian baik itu dilakukan dengan wawancara atau pengamatan secara langsung terhadap objek yang diteliti dan diverifikasi oleh pihak terkait. Hasil wawancara dengan narasumber mengenai objek yang diteliti digunakan sebagai data primer oleh peneliti pada penelitian ini. Data primer yang didapatkan oleh peneliti adalah berupa observasi peralatan pekerjaan, jumlah pekerja, serta metode pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung Arjuna Yogyakarta. Untuk memperkuat analisis pada penelitian ini, perlu dilakukannya wawancara dengan kontraktor mengenai pelaksanaan pekerjaan proyek ini.

2. Data Sekunder

Ahyar dkk. (2020) menyatakan bahwa data sekunder dalam suatu penelitian merupakan sumber data yang diperoleh secara tidak langsung dari orang lain, seperti buku pedoman atau lewat orang lain. Pada penelitian ini yang menjadi sumber data sekunder adalah *Detail Engineering Design* (DED), dokumen Standar Nasional Indonesia (SNI), jurnal, buku, penelitian terdahulu, serta artikel yang berkaitan dengan topik penelitian mengenai *Building Information Modelling* (BIM) dalam implementasinya dan analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada suatu konstruksi bangunan gedung.

4.3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan oleh peneliti adalah melakukan observasi secara langsung di lapangan dan hasil pengumpulan data di lapangan akan diverifikasi kebenarannya oleh pihak terkait. Adapun pihak terkait yang akan memverifikasi data hasil observasi tersebut adalah sebagai berikut.

1. Pihak Manajemen Konstruksi

Menurut Soehendradjati (1987) dalam Yudha (2013) menyatakan bahwa Manajemen Konstruksi (MK) merupakan kelompok yang menjalankan fungsi dari manajemen pada sebuah konstruksi dalam pelaksanaannya. Pada penelitian ini pihak Manajemen Konstruksi akan memverifikasi hasil observasi di lapangan terkait dengan jumlah alat berat, jumlah pekerja, dan alur kegiatan pekerjaan pemancangan serta memverifikasi hasil analisis berdasarkan pemodelan yang dibuat.

2. Surveyor

Surveyor adalah bagian yang bertugas di lapangan untuk melakukan penyesuaian antara gambar rencana (DED) dengan realisasi rencana yang ada di lapangan dengan melakukan pengukuran dan menentukan batas di lapangan serta mengawasi agar jalannya pekerjaan di lapangan sesuai dengan titik dan batas yang sudah dilakukan oleh *surveyor*. Pada penelitian ini pihak *surveyor* akan memverifikasi hasil observasi di lapangan terkait dengan kesesuaian antara kondisi real di lapangan dengan pemodelan 3D serta memverifikasi hasil analisis berdasarkan pemodelan yang dibuat.

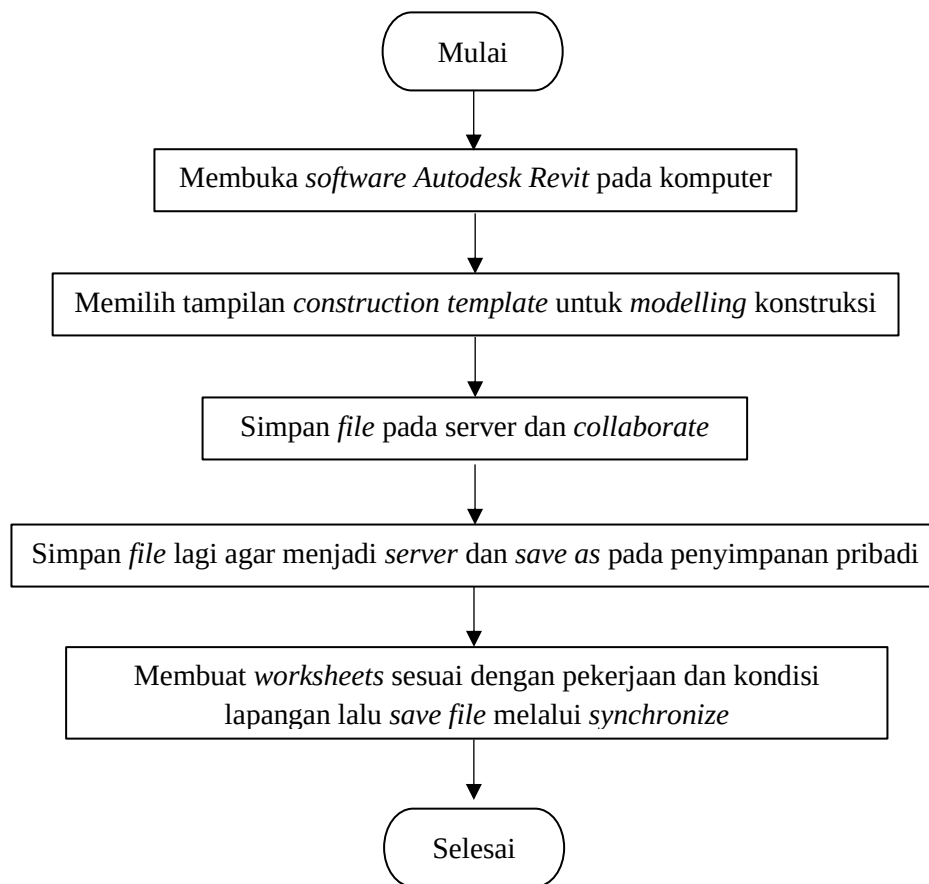
3. Tenaga Ahli

Tenaga ahli yang dimaksudkan pada pengertian ini adalah seseorang yang memiliki pengalaman dan keahlian yang baik di lapangan atau bidang terkait sehingga dapat dimintai keterangan mengenai perencanaan pada penelitian ini.

Data yang didapatkan ini merupakan data primer yang digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian ini. Dalam pengumpulan data sekunder, dilakukan dengan cara mencari sumber referensi yang ada pada internet seperti buku, jurnal, artikel, dan arsip penelitian terkait.

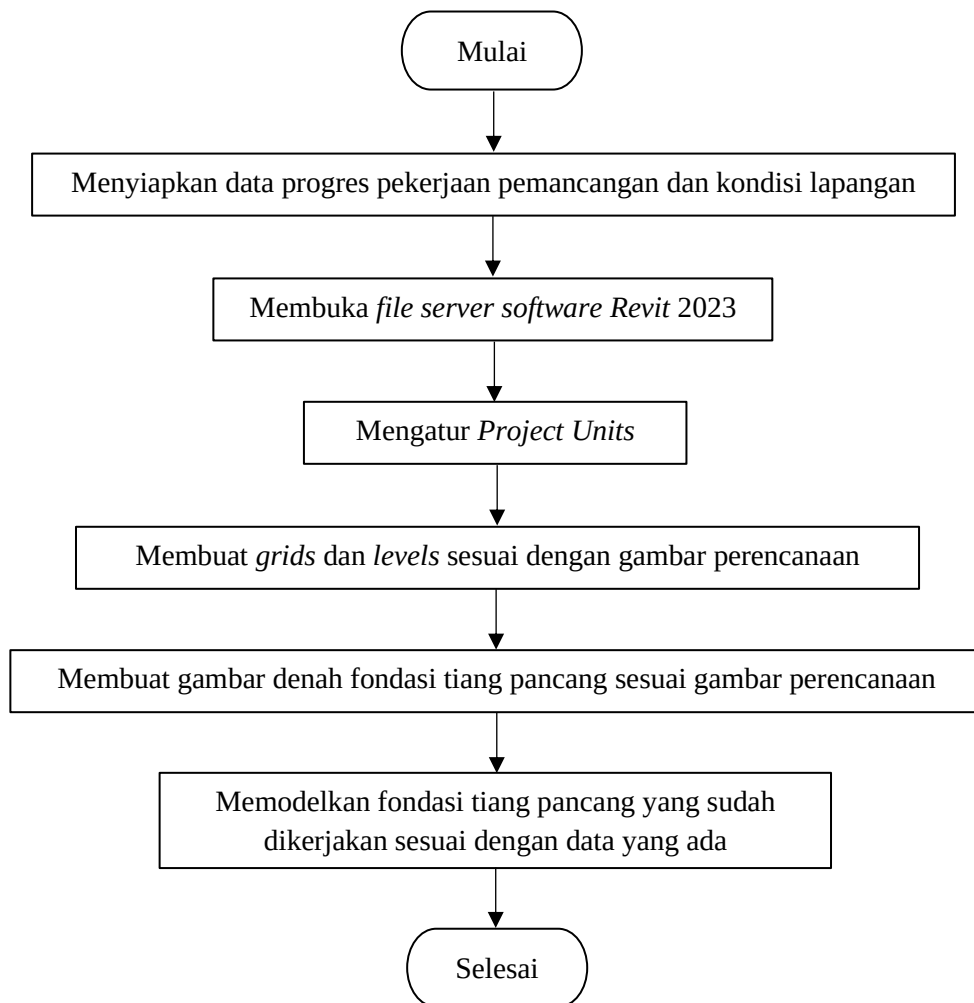
4.3.3 Pemodelan 2D dan 3D

Digunakannya perangkat lunak *Autodesk Revit* 2023 dan *Lumion* 12.5 pada penelitian ini untuk memodelkan kondisi proyek secara 2D dan 3D. Berikut Langkah-langkah pemodelan 2D dan 3D dengan menggunakan perangkat lunak *Autodesk Revit* dan *Lumion*.



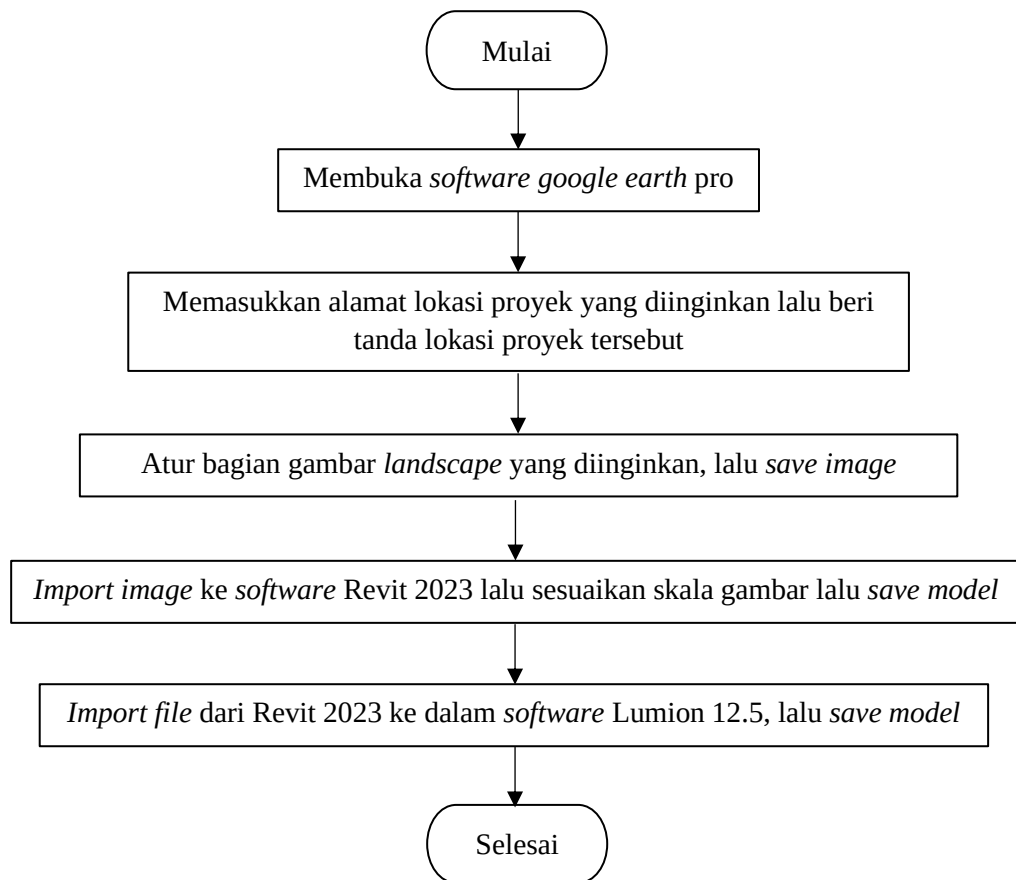
Gambar 4.1 Pembuatan Server Pada Autodesk Revit

Adapun bagan alir atau *flowchart* pemodelan 3D pekerjaan pemancangan fondasi tiang pancang dapat dilihat pada Gambar 4.2. berikut.



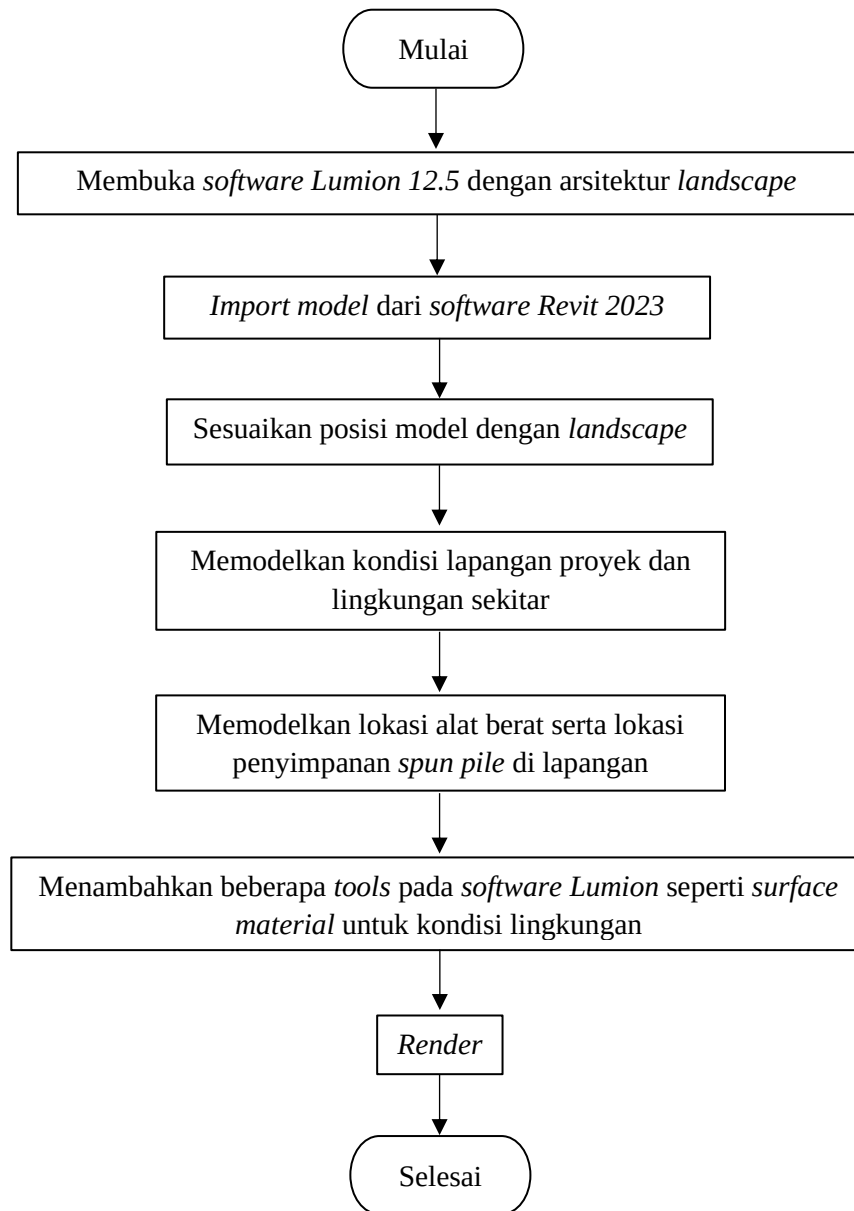
Gambar 4.2 Pemodelan 3D menggunakan *software Revit 2023*

Setelah dilakukannya pemodelan menggunakan *software Revit 2023*, maka langkah selanjutnya adalah mendapatkan model kondisi lingkungan pada Lumion 12.5 (arsitektur *landscape*) dari google earth dengan langkah-langkah sebagai berikut.



Gambar 4.3 Langkah Pemodelan Arsitektur *Landscape*

Setelah mendapatkan pemodelan arsitektur *landscape*, maka langkah selanjutnya adalah mengimport pemodelan 3D dari *software Revit 2023* ke dalam *software Lumion 12.5* dengan langkah-langkah sebagai berikut.



Gambar 4.4 Langkah Render Model Menggunakan Software Lumion 12.5

4.3.4 Analisis Dengan Metode *Event Tree Analysis* (ETA)

Setelah dilakukannya pemodelan secara 2D dan 3D, maka dilakukannya analisis dengan menggunakan metode ETA untuk penilaian probabilitas risiko dan dampak dari risiko tersebut terhadap Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Adapun *frequency index* untuk *risk matrix* dapat dilihat pada Tabel 4.1. berikut.

Tabel 4.1 Frequency Index untuk Risk Matrix

FI	Kriteria	Penjelasan	Kuantitatif
1	<i>Frequent</i>	Dapat terjadi setiap saat	1
2	<i>Reasonably probable</i>	Terjadi beberapa kali dalam waktu tertentu	0,1-0,99
3	<i>Remote</i>	Dapat terjadi, namun tidak sering	0,01-0,1
4	<i>Extremely Remote</i>	Kadang terjadi, tetapi kemungkinan kecil	0,001-0,01
5	<i>Extremely improbable</i>	Sangat jarang terjadi	0,0001-0,001

(Sumber: DNV/Marine Risk Assessment dalam Safi'I, 2018)

Sedangkan *severity index* untuk *risk matrix* dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Severity Index (SI) untuk Risk Matrix

Level	Rating	Penjelasan	Kuantitatif
4	<i>Minor</i>	Kejadian tidak menimbulkan kerugian/tidak terjadi cedera pada manusia	<0,001
3	<i>Moderate</i>	Menimbulkan cedera ringan, P3K, dan tidak menimbulkan dampak serius	0,001-0,01
2	<i>Serious</i>	Cedera dan dirawat di RS, tidak menimbulkan cacat tetap, kerugian finansial sedang	0,01-0,1
1	<i>Catastrophic (bencana)</i>	Menimbulkan cedera parah, cacat tetap, kerugian finansial besar, atau menimbulkan dampak serius	0,1-1

(Sumber: DNV/Marine Risk Assessment dalam Safi'i, 2018)

Adapun matriks penilaian risiko serta penanganan level risiko berdasarkan dua tabel diatas dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan 4.4 Berikut.

Tabel 4.3 Risk Matrix

		Severity			
		1	2	3	4
		Minor	Moderate	Serious	Catastrophic
5	<i>Frequent</i>	6	7	8	9
4	<i>Reasonably probable</i>	5	6	7	8
3	<i>Remote</i>	4	5	6	7
2	<i>Extremely Remote</i>	3	4	5	6
1	<i>Extremely improbable</i>	2	3	4	5

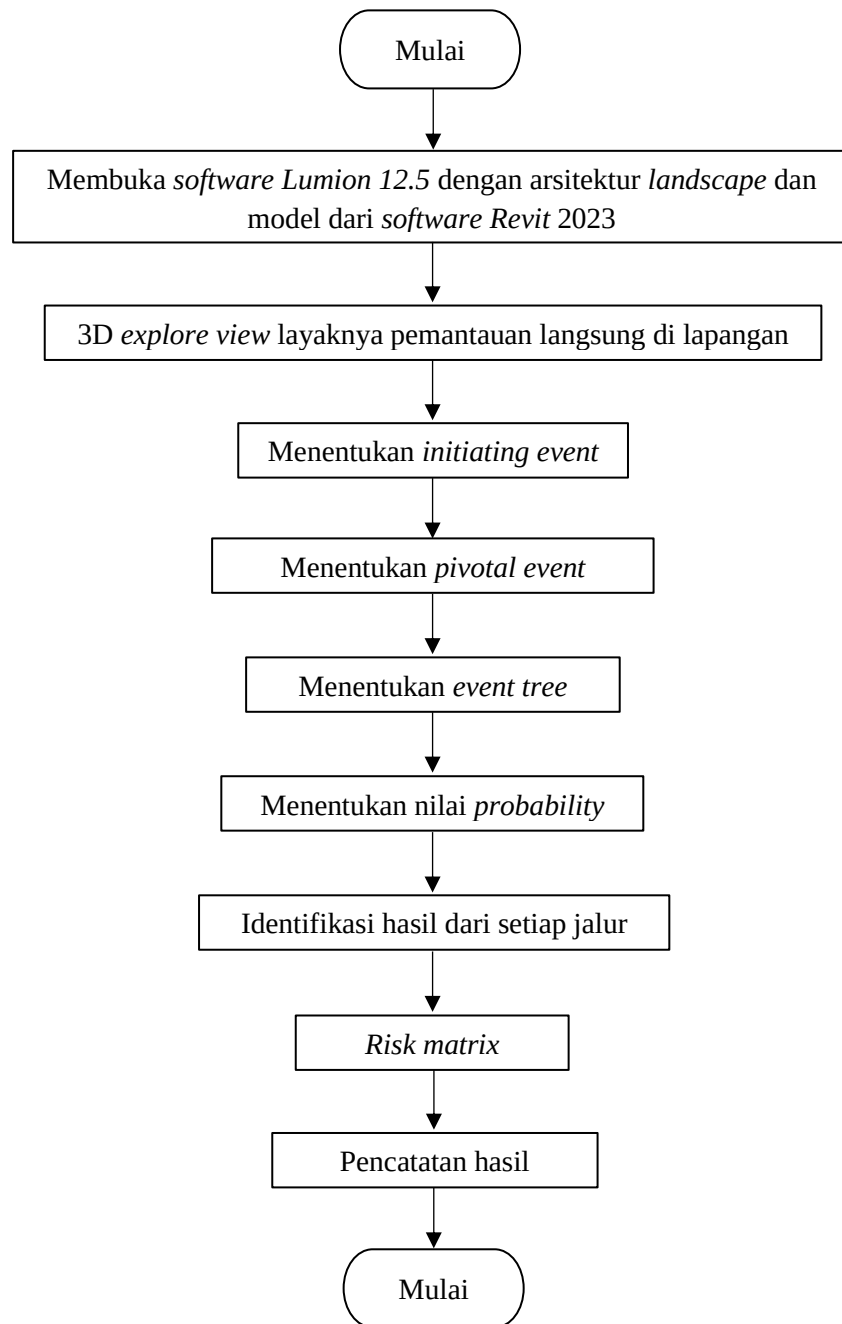
(Sumber: Imam Safi'I, 2018)

Tabel 4.4 Level Respon Risiko Berdasarkan Risk Matrix

Level Risiko	
2-4 Risiko Rendah (Low Risk)	Pemantauan untuk memastikan tindakan pengendalian telah berjalan dengan baik
5-7 Risiko Sedang (Moderate Risk)	Diperlukan perhatian dan tambahan prosedur
7-9 Risiko Tinggi (High Risk)	Perlu mendapatkan perhatian pihak manajemen dan tindakan perbaikan

(Sumber: Matriks Penilaian Risiko AS/NZS 4360:2004 dalam Novita.S, 2021)

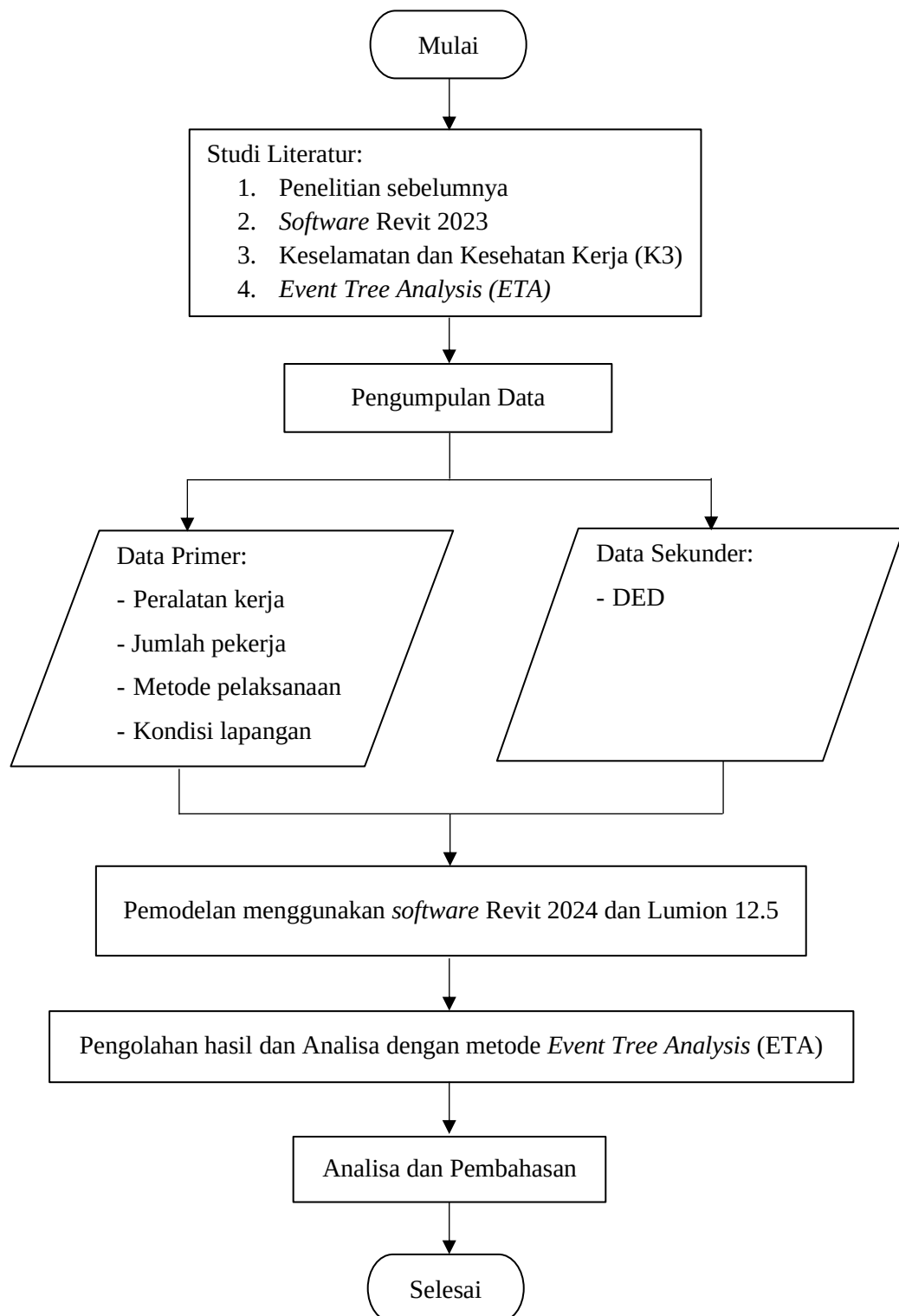
Adapun langkah-langkah secara garis besar metode analisis ini dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut:



Gambar 4.5 Alur *Event Tree Analysis*

4.4 Bagan Alir Penelitian

Dilakukan beberapa pendekatan pada penelitian ini seperti studi literatur, studi kasus, pemodelan 3D, serta analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja menggunakan metode *Event Tree Analysis* (ETA). Bagan alir penelitian ini secara garis besar dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 4.6 Bagan Alir Penelitian

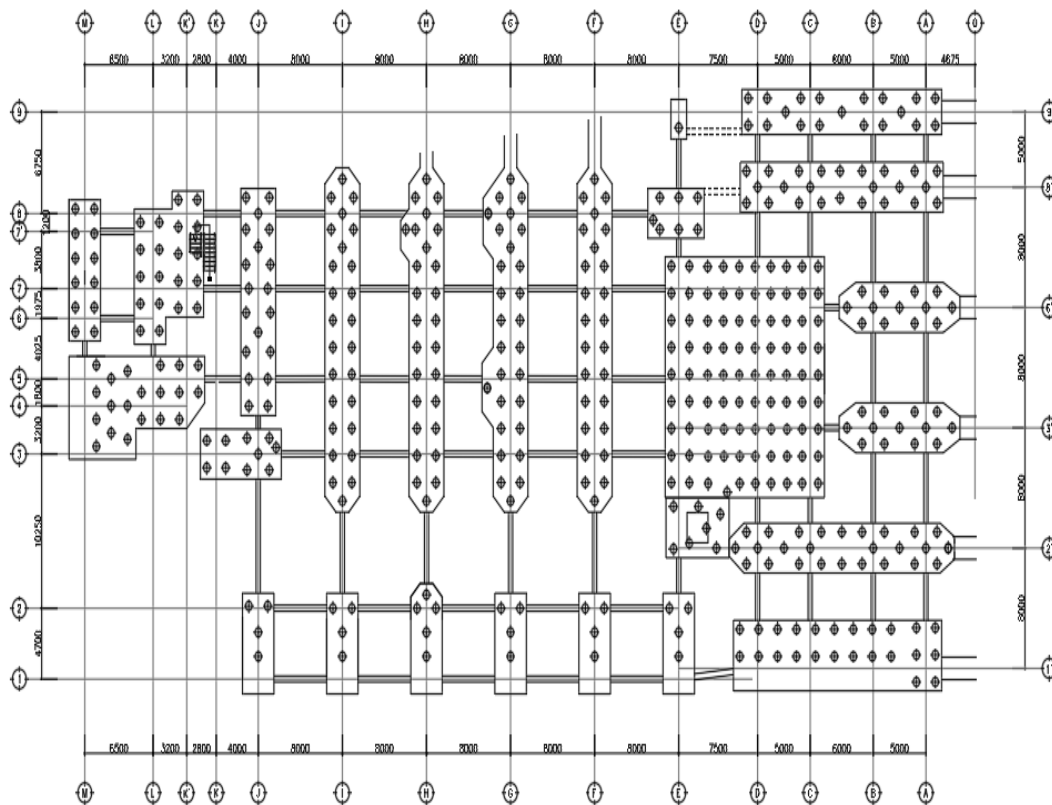
BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Data Proyek Pekerjaan Struktur Bawah Pemancangan Gedung Arjuna

5.1.1 Denah Fondasi Tiang Pancang Rencana

Pada pekerjaan pemancangan fondasi tiang pancang Gedung Arjuna direncanakan sebanyak 447 tiang pancang dan 25 *pilecap* yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Denah Pemancangan Rencana

(Sumber: Dokumentasi Manajemen Konstruksi Saraswanti, 2024)

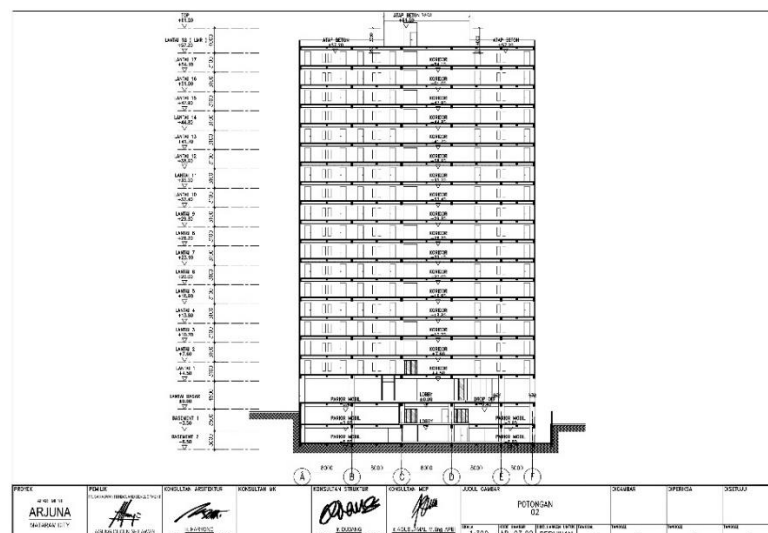
5.1.2 Detail Engineering Design (DED) Gedung Rencana

Pada pekerjaan struktur bawah dilakukan galian hingga elevasi -6.5 m yang mana terlampir pada DED yang sudah ada yang dapat dilihat pada Gambar 5.2 dan Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.2 Potongan 01 DED Proyek Pembangunan Arjuna

(Sumber: Dokumentasi Manajemen Konstruksi Saraswanti, 2024)



Gambar 5.3 Potongan 02 DED Proyek Pembangunan Arjuna

(Sumber: Dokumentasi Manajemen Konstruksi Saraswanti, 2024)

5.1.3 Progres Pekerjaan dan Kondisi Lapangan Pekerjaan

Kondisi lapangan yang diteliti oleh peneliti dilakukan pada progress pekerjaan pemancangan telah mencapai sekitar 50% atau sekitar 226 tiang yang sudah dipancang. Kondisi lingkungan sekitar proyek dan lapangan tampak atas dapat dilihat pada Gambar 5.4, Gambar 5.5, dan Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.4 Kondisi Lingkungan Sekitar Tampak Atas

(Sumber: *Google Earth*, 2024)



Gambar 5.5 Kondisi Lapangan Tampak Sisi Barat

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023)



Gambar 5.6 Kondisi Lapangan Tampak Sisi Timur

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023)

5.1.4 Jumlah Pekerja, Alat Berat, dan material yang Digunakan

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan oleh peneliti di lapangan, daftar alat Berat yang digunakan pada proses pemancangan dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Daftar Alat Berat yang Digunakan

No	Nama Alat	Fungsi Alat	Jumlah
1	<i>Hydraulic Static Pile Driver (HSPD)</i>	Pemancangan secara <i>hydraulic</i>	1
2	<i>Rotary Drilling Machine Bore Pile</i>	Pengeboran lubang	1
3	Excavator	Menggali dan memindahkan material	2
4	<i>Mobile Crane</i>	Memindahkan <i>spun pile</i> ke (HSPD)	1

Adapun jumlah pekerja beserta pekerjaannya disajikan pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Daftar Jumlah Pekerja Pekerjaan Pemancangan

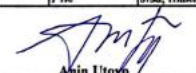
No	Pekerjaan	Keterangan	Jumlah
1	Melakukan <i>marking</i> garis acuan kerja	<i>Surveyor</i>	2
2	Mengoperasikan alat berat	<i>Operator</i>	5
3	Membantu proses pengeboran	Pekerja	3
4	Pengelasan sambungan <i>spun pile</i>	Tukang	2
5	Membantu proses pemancangan	Tukang	4

Sedangkan material *spun pile* yang digunakan adalah *spun pile* dengan panjang 10 – 12 meter dan diameter lubang 40 cm dengan tebal 10 cm.

5.2 Alur Kegiatan Pekerjaan Pemancangan

Alur kegiatan yang dilakukan pada saat pekerjaan pemancangan diperoleh dari hasil observasi di lapangan dan diverifikasi oleh pihak manajemen konstruksi. Adapun hasil dari verifikasi alur kegiatan pekerjaan pemancangan dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut.

TABEL SURVEI LAPANGAN ALUR KEGIATAN PEKERJAAN PEMANCANGAN					
Proyek :		Arjuna - Bima Tower			
Lokasi :		Jl. Tentara Pelajar KM.07, Sleman, DIY			
Pemilik :		PT. Saraswanti Indoland Development Tbk.			
No	Kegiatan	Keterangan	PIC	Alat Berat	Jumlah Pekerja
1	<i>Marking</i>	Penentuan titik lokasi pemancangan oleh surveyor	Surveyor	-	2
2	Pengambilan Tanah Merah	Sebelum dilakukannya pengeboran, excavator mengambil tanah merah untuk meningkatkan daya ikat antar partikel dikarenakan kondisi tanah lapangan adalah pasir lepas	Operator	Excavator	2
3	Pengeboran	Dilakukannya pengeboran menggunakan <i>rotary drilling machine bore pile</i> hingga kedalaman tertentu (secara umum hingga 16-18 meter sesuai perencanaan). Pada saat pengeboran berlangsung, dilakukannya penyiraman terhadap lubang bor dengan tanah merah agar pengambilan tanah hasil pengeboran mudah	Operator dan Pekerja	<i>Rotary drilling machine bore pile & excavator</i>	4
4	Rotasi Alat	Setelah selesai dilakukannya pengeboran, maka pergantian posisi (rotasi) yang mana HSPD bergerak menuju titik lokasi yang akan dipancang	Operator dan Pekerja	<i>Hydraulic Static Pile Driver (HSPD)</i>	2
5	Pengangkatan <i>Pile</i>	Pengangkatan tiang pancang menggunakan <i>mobile crane</i> ke dalam lubang pengikat pada HSPD (<i>grip</i>). Hal ini dilakukan sebanyak dua kali (sambungan)	Operator dan pekerja	<i>Mobile crane dan HSPD</i>	3
6	Pengelasan Sambungan	Pengelasan sambungan dilakukan pada pile kedua	Operator dan pekerja	<i>Mobile crane dan HSPD</i>	2
7	Pemancangan	Setelah sambungan dipasang, maka tiang mulai ditekan secara perlahan oleh mesin hidrolik hingga kedalaman tertentu dengan kekuatan beban tertentu	Operator dan Pekerja	HSPD	3
8	Pemotongan <i>Pile</i>	Jika kedalaman pemancangan yang dilakukan kurang dari yang direncanakan sehingga terdapat <i>pile</i> sisa, maka dilakukan pemotongan <i>pile</i> hingga berada pada <i>cutting level</i>	Pekerja	-	2


Ahin Utoyo
Manajemen Konstruksi (MK)


Achmad Fachrizh Fauzi Pratama
Peneliti

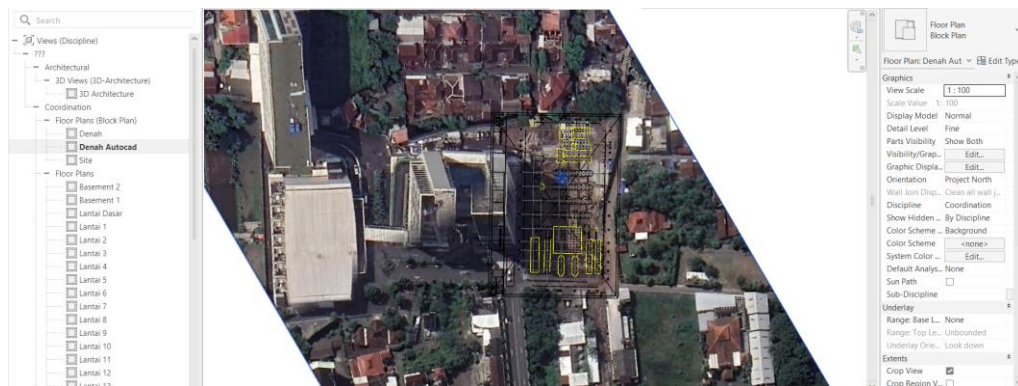
Gambar 5.7 Tabel Survei Lapangan Alur Kegiatan Pemancangan

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

5.3 Pemodelan

5.3.1 Software Revit

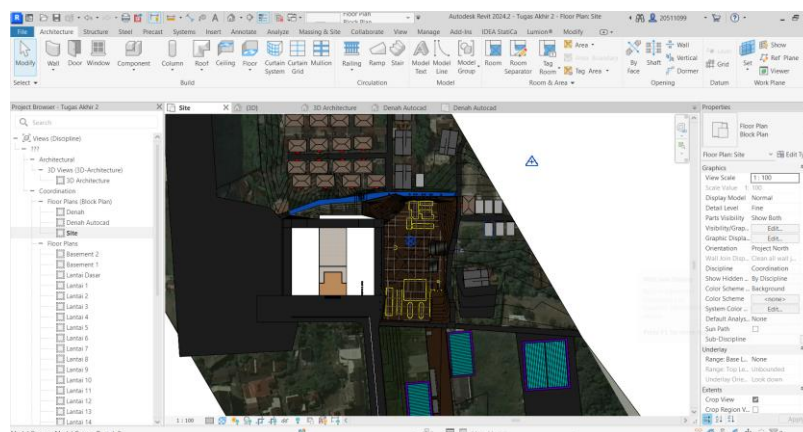
Melakukan *link file* denah pemancangan pada *software Autocad* seperti yang terlihat pada Gambar 5.1 ke *software Revit* serta menyesuaikan posisi dan skala pada Gambar 5.4 dengan denah pemancangan yang sudah ada.



Gambar 5.8 Penyesuaian Posisi Denah Dengan Gambar

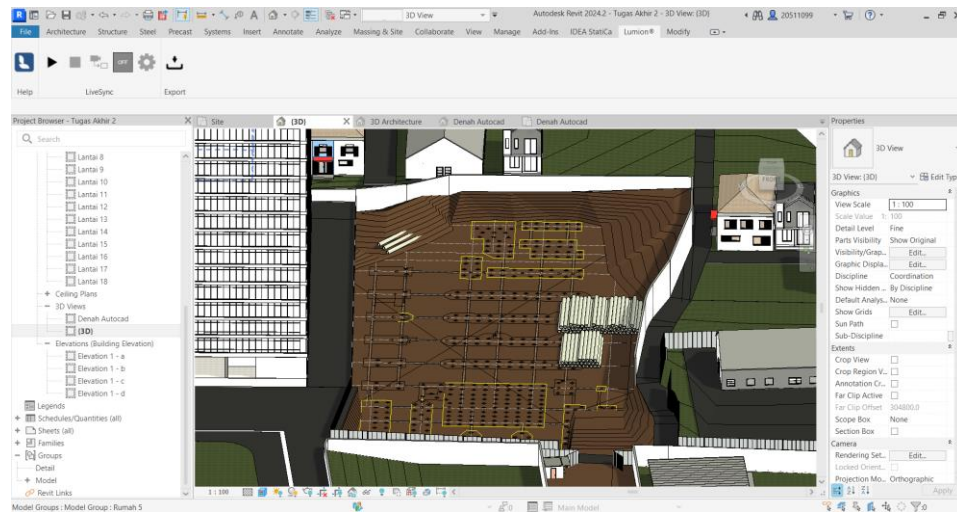
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

Setelah dilakukan penyesuaian denah atau kawasan lapangan proyek, maka langkah selanjutnya dilakukan pemodelan lingkungan di sekitar proyek dengan cakupan tertentu seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.9 dan 5.10 berikut.



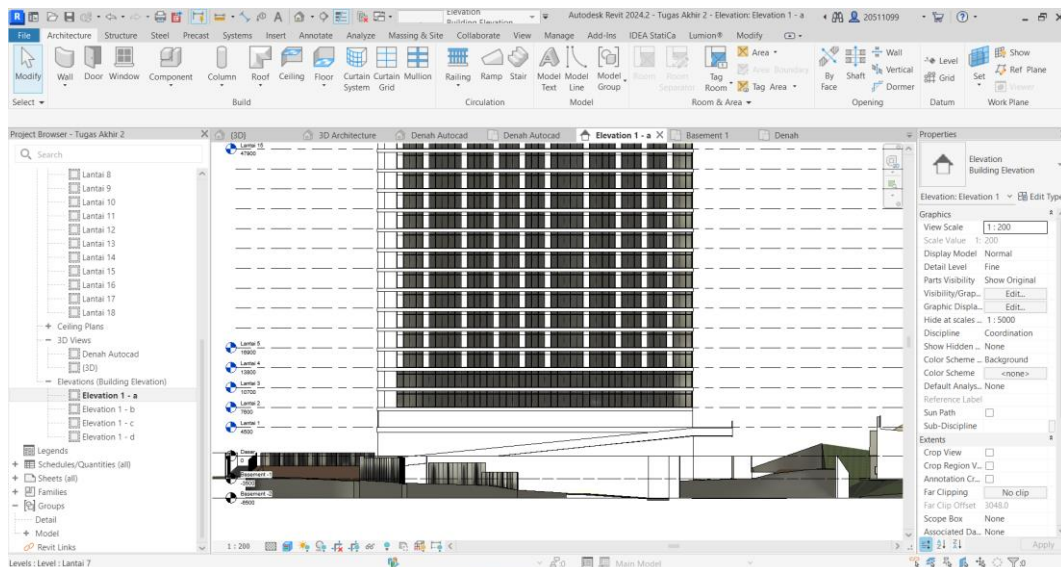
Gambar 5.9 View Site 3D Software Revit

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



Gambar 5.10 Tampak Depan Atas Model 3D Software Revit

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

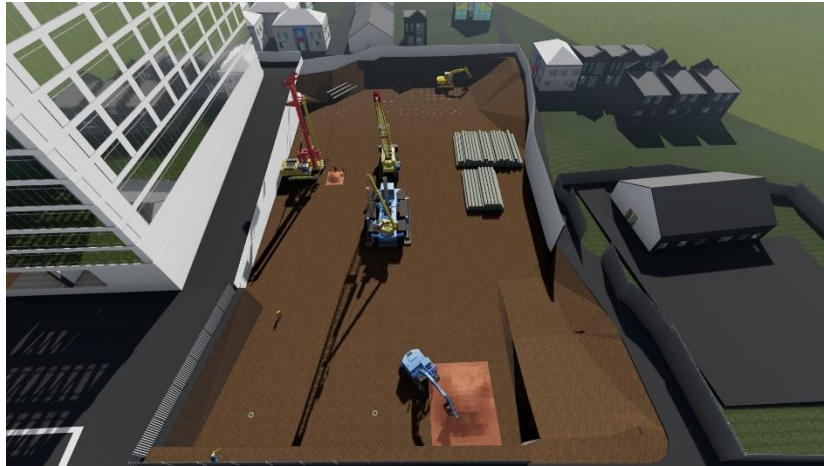


Gambar 5.11 Tampak Sampling Model 3D Software Revit

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

5.3.2 Software Lumion

Pada pemodelan dengan *software Lumion*, digunakannya fitur *liveSync* agar model pada *software Revit* tersambung dengan *Lumion* secara *real time* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut setelah ditambahkan beberapa objek alat di pemodelan.



Gambar 5.12 Tampak Depan Atas Model 3D Software *Lumion*

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

Setelah dilakukannya penyambungan antara model di *software Revit* dengan *software Lumion*, maka langkah pemodelan selanjutnya adalah beberapa kegiatan pekerjaan yang dilakukan di lapangan sesuai dengan Tabel Hasil Survei Lapangan Alur Kegiatan Pekerjaan Pemancangan yang dapat dilihat pada Gambar 5.7 sebelumnya.

1. *Marking*

Marking merupakan penitikan tanda lokasi yang akan dilakukan pekerjaan, pada tahap ini surveyor melakukan penitikan tanda lokasi untuk dilakukannya pemancangan sebagaimana yang terlihat pada Gambar 5.13 dan cuplikan pada video yang dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut.



Gambar 5.13 *Marking* Titik Pemancangan (Lapangan)

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



Gambar 5.14 *Marking* Titik Pemancangan (Pemodelan)

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

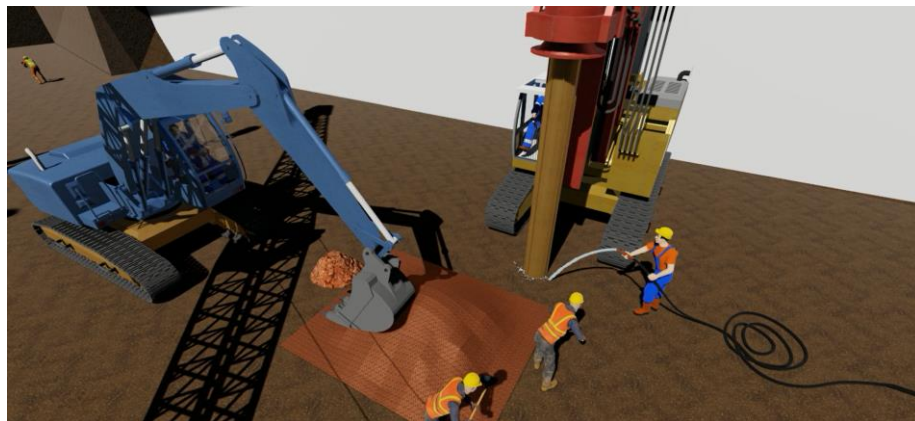
2. Pengambilan Tanah Merah dan Pengeboran

Sebelum dilakukannya pengeboran, *excavator* mengambil tanah merah untuk digunakan pada saat pengeboran berlangsung. Hal ini dilakukan karena kondisi tanah di lapangan merupakan pasir lepas sehingga perlu dilakukannya pencampuran dengan tanah merah pada saat pengeboran untuk mempermudah pengeboran. Pada saat pengeboran, dilakukan penyiraman dan pencampuran tanah merah sekaligus agar pasir dan tanah merah tercampur pada saat pengeboran sebagaimana yang terlihat pada Gambar 5.15 dan cuplikan pada video yang dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut.



Gambar 5.15 Pengeboran dan Pencampuran Tanah Merah (Lapangan)

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

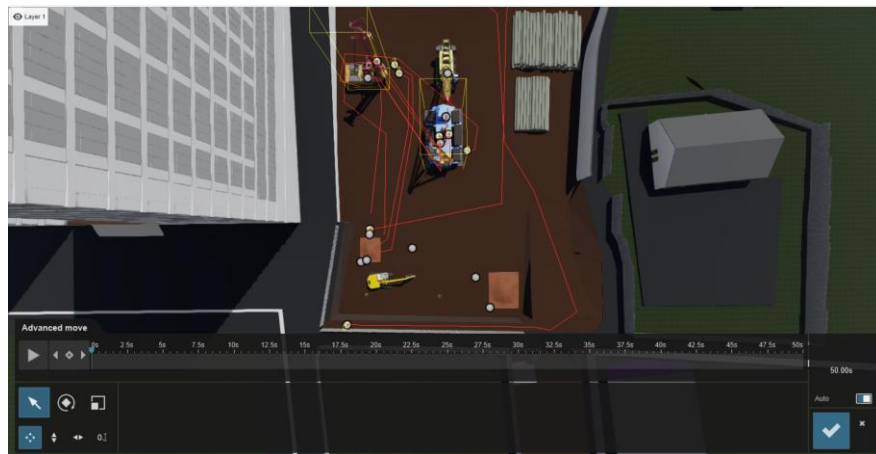


Gambar 5.16 Pengeboran dan Pencampuran Tanah Merah (Pemodelan)

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

3. Rotasi Alat

Setelah selesai dilakukannya pengeboran maka *rotary drilling machine bore pile* berotasi menuju titik baru untuk dilakukannya pengeboran baru, sedangkan HSPD akan berpindah menuju lokasi titik yang sudah dibor seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.17 berikut.



Gambar 5.17 Rotasi Alat (Pemodelan)

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

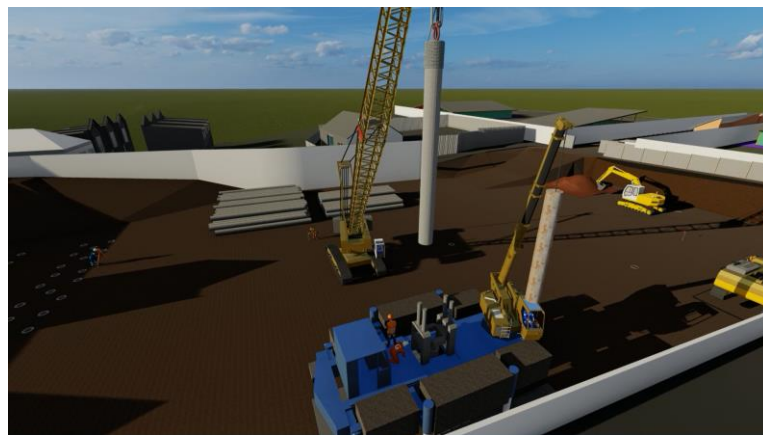
4. Pengangkatan dan Pengelasan *spunpile*

Ketika HSPD sudah berada pada titik rencana pemancangan maka *mobile crane* akan mengangkat *spun pile* dan memasukkan secara perlahan ke dalam lubang pengikat (*grip*) yang dapat dilihat pada Gambar 5.18 dan cuplikan pada video yang dapat dilihat pada Gambar 5.19 berikut.



Gambar 5.18 Pengangkatan *Spun Pile* ke HSPD (Lapangan)

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



Gambar 5.19 Pengangkatan *Spun Pile* ke HSPD (Pemodelan)

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

Dikarenakan panjang *spun pile* adalah 10 – 12 meter dan rencana pemancangan adalah sekitar 18 – 22 meter, maka perlu dilakukan penyambungan *spun pile* yang disambung dengan cara pengelasan seperti yang terlihat pada Gambar 5.20 dan cuplikan pada video yang dapat dilihat pada Gambar 5.21 berikut.



Gambar 5.20 Pengelasan Sambungan *Spun Pile* (Lapangan)

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

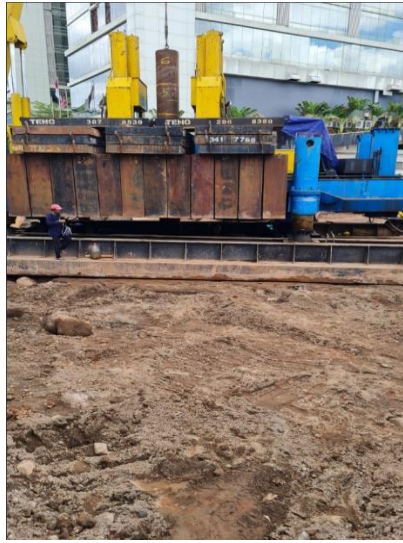


Gambar 5.21 Pengelasan Sambungan *Spun Pile* (Pemodelan)

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

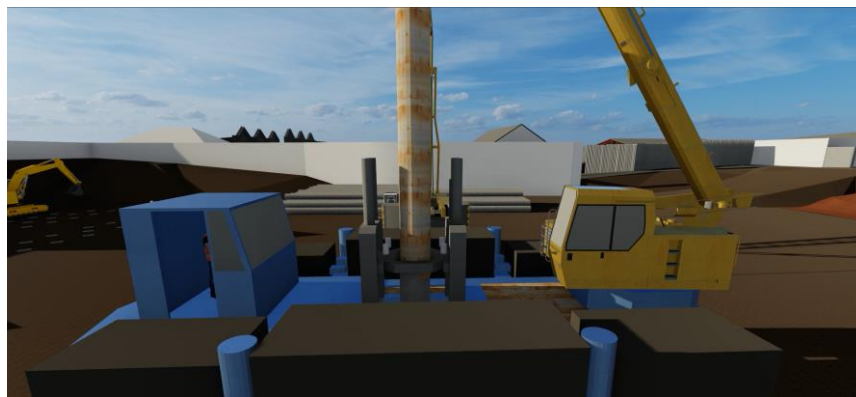
5. Pemancangan

Setelah dilakukannya pengelasan secara penuh, maka *spun pile* akan ditekan kebawah secara menerus oleh HSPD hingga kedalaman mencapai *final set* seperti yang terlihat pada Gambar 5.22 dan cuplikan pada video yang dapat dilihat pada Gambar 5.23 berikut.



Gambar 5.22 Pemancangan *Spun Pile* (Lapangan)

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



Gambar 5.23 Pemancangan *Spun Pile* (Pemodelan)

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

6. Pemotongan *Spun Pile*

Pemotongan *spun pile* dilakukan apabila kedalaman *final set* berada di elevasi yang lebih tinggi dibandingkan rencana sehingga perlu dilakukan pemotongan *spun pile* agar posisi bagian atas *pile* rata dengan elevasi tanah. Adapun pemotongan *spun pile* dapat dilihat pada Gambar 5.24 dan cuplikan pada video yang dapat dilihat pada Gambar 5.25 berikut.



Gambar 5.24 Pemotongan *Spun Pile* (Lapangan)

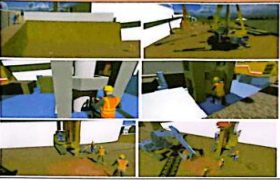
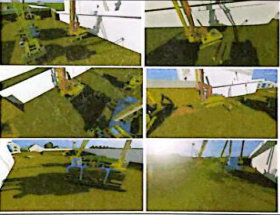
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



Gambar 5.25 Pemotongan *Spun Pile* (Pemodelan)

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

Adapun hasil verifikasi kesesuaian pemodelan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.26 dan 5.27 berikut.

Tabel Verifikasi Pemodelan Lapangan		
Proyek : Arjuna – Bima Tower Lokasi : Jl. Tentara Pelajar KM. 07, Sleman, DIY Pemilik : PT. Saraswanti Indoland Development Tbk.		
Judul Video	Scene Video	Tanda Tangan
Marking, Pengelasan, dan Pengeboran		 KASTURI SURVEY
Rotasi Alat		 KASTURI SURVEY

Gambar 5.26 Tabel Verifikasi Pemodelan Lapangan Bagian 1

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

Tabel Verifikasi Pemodelan Lapangan		
Judul Video	Scene Video	Tanda Tangan
Pengangkutan Pile		 KASTURI SURVEY
Pemasangan		 KASTURI SURVEY
Pemotongan Spur Pile		 KASTURI SURVEY

Gambar 5.27 Tabel Verifikasi Pemodelan Lapangan Bagian 2

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

Keseluruhan video pada Gambar 5.26 dan Gambar 5.27 dapat diakses melalui link berikut dilihat pada *link* berikut:

bit.ly/PemodelanTugasAkhirETA

atau dengan memindai *QR Code* berikut:



Gambar 5.28 QR Code Video Pemodelan Alur Kerja Konstruksi

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

5.4 *Event Tree Analysis* (ETA)

5.4.1 Identifikasi Potensi Bahaya

Langkah awal dalam melakukan analisis dengan menggunakan metode *Event Tree Analysis* (ETA) adalah membuat daftar potensi sumber bahaya dan mode kejadian yang ada di lapangan berdasarkan pemodelan yang sudah dibuat. Adapun daftar potensi sumber bahaya dan mode kejadian yang telah dibuat berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa narasumber dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Identifikasi Potensi Bahaya Pekerjaan Pemancangan Berdasarkan Pemodelan Lapangan

Komponen	Kegiatan	Identifikasi Sumber Bahaya	Penyebab	Mode Kejadian
Lokasi Dataran Tinggi (Surveyor)	Marking	- Kemiringan curam dan lebar jalan kecil	- Bekas kebutuhan galian elevasi	- Tanah Longsor - Tersandung dan terjatuh
Lapangan (Surveyor Assistant)	Marking	- Terdapat <i>spun pile</i> yang menonjol - <i>Spun pile</i> hasil pemancangan terbuka dengan diameter lubang 40 cm - Berada dekat dengan alat berat	- Bekas pemancangan - Kelalaian operator	- Tersandung - Kaki terjatuh masuk ke <i>spun pile</i> - Tertabrak alat berat

Lanjutan Tabel 5.3 Identifikasi Potensi Bahaya Pekerjaan Pemancangan

Komponen	Kegiatan	Identifikasi Sumber Bahaya	Penyebab	Mode Kejadian
Alat Berat dan Pekerja	Rotasi Alat	<ul style="list-style-type: none"> - Pekerja berada diatas HSPD - Pekerja berada di lapangan - <i>Spun pile</i> hasil pemancangan 	<ul style="list-style-type: none"> - Kelalaian - Bekas pemancangan 	<ul style="list-style-type: none"> - Terjatuh - Tertabrak alat berat
Pemberian Tanah Merah	Pengeboran	<ul style="list-style-type: none"> - Pengambilan tanah merah oleh <i>excavator</i> - Posisi HSPD dengan jalur pengambilan tanah merah cukup dekat pada suatu kondisi - Posisi pekerja yang dekat dengan alat bor 	<ul style="list-style-type: none"> - Terdapat potensi kelalaian antara operator dengan pekerja - Penentuan prioritas titik rencana pekerjaan - Potensi kelalaian operator pada saat <i>swing</i> alat bor 	<ul style="list-style-type: none"> - Pekerja tertabrak <i>excavator</i> - Terhambatnya alur pekerjaan - Pekerja tertabrak alat bor
Penyambungan <i>Spun Pile</i>	Pengelasan	<ul style="list-style-type: none"> - Terdapat barang berserakan diatas HSPD - Ruang pengelasan yang relatif sempit 	<ul style="list-style-type: none"> - Keperluan pengelasan dari sumber energi - Peralatan lainnya 	<ul style="list-style-type: none"> - Tersandung dan terjatuh - Kepala terbentur - Tersengat listrik - Menimbulkan percikan api
<i>Mobile Crane</i>	Pengangkatan <i>Pile</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Pengikatan <i>sling crane</i> ke <i>pile</i> - <i>Swing mobile crane</i> pada saat mengangkat <i>pile</i> - Terdapat perumahan warga sekitar 	<ul style="list-style-type: none"> - SDM pekerja dan ketelitian - Kelalaian - Terjatuhnya <i>pile</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Pile</i> terlepas atau terjatuh ketika diangkat - <i>Pile</i> terjatuh atau terbentur HSPD karena tidak seimbang - Tertimpa <i>pile</i>
HSPD	Pemancangan	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Swing</i> untuk pendorong <i>spun pile</i> HSPD 	<ul style="list-style-type: none"> - Kelalaian - <i>Sling</i> putus 	<ul style="list-style-type: none"> - Terbentur dengan tiang pada HSPD - Tertimpa pendorong <i>pile</i>

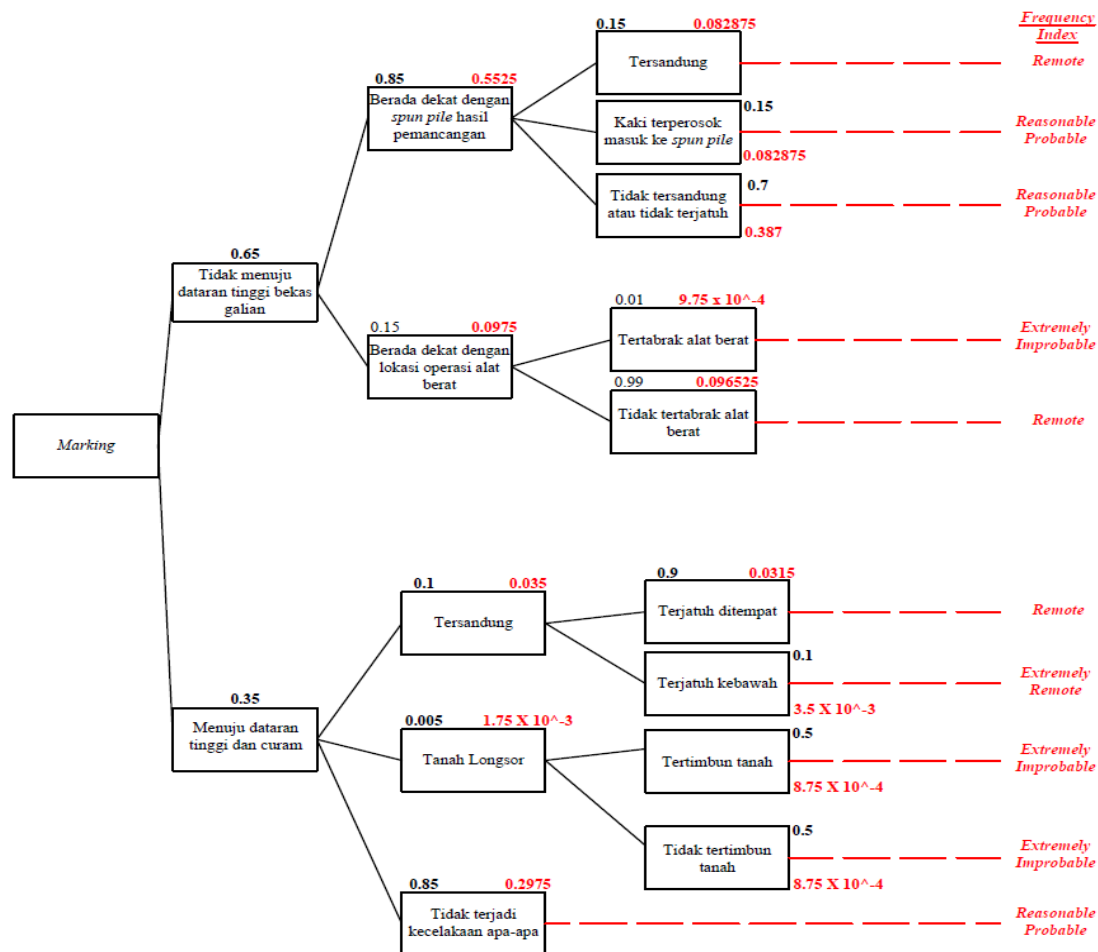
Lanjutan Tabel 5.3 Identifikasi Potensi Bahaya Pekerjaan Pemancangan

Pekerja	Pemotongan <i>Pile</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Kondisi ruang cukup sempit - <i>Cutter</i> dapat melukai pekerja 	- Kelalaian pekerja	<ul style="list-style-type: none"> - Tersandung dan terjatuh - Kepala terbentur - Tangan atau jari terpotong
---------	---------------------------	---	---------------------	---

5.4.2 Pohon Skenario Peristiwa

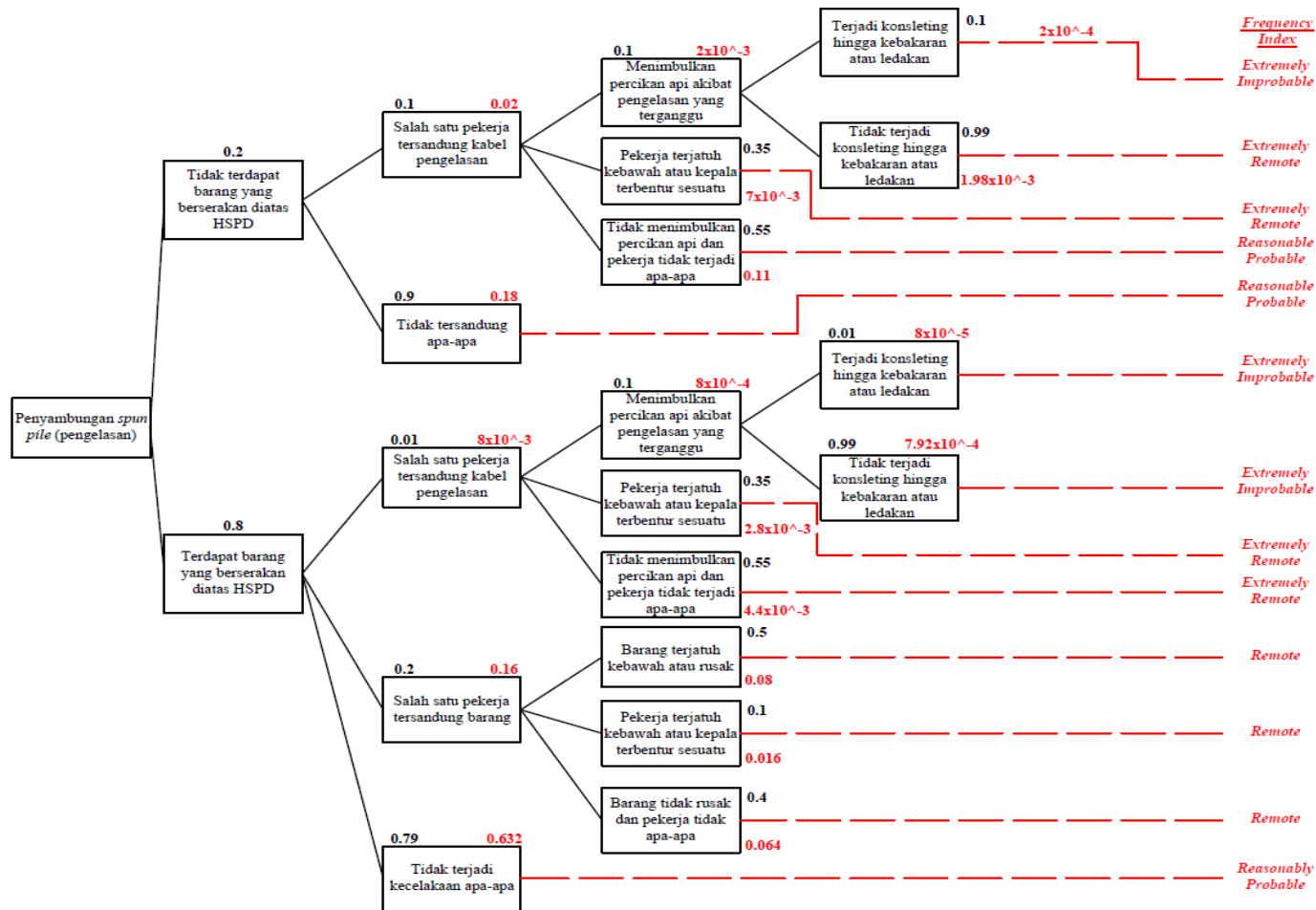
Pohon skenario peristiwa merupakan runtutan kegiatan yang memungkinkan terjadinya suatu peristiwa berdasarkan analisa pekerjaan di lapangan serta berdasarkan identifikasi potensi bahaya yang telah dibuat sebelumnya. Pada setiap kegiatan terdapat probabilitas kemungkinan kegiatan atau peristiwa tersebut akan terjadi.

Berdasarkan Tabel 5.3 dibuatlah skenario peristiwa menggunakan metode *Event Tree Analysis* (ETA) dan dilakukan wawancara serta kuisioner untuk menentukan besaran probabilitas terjadinya peristiwa tersebut. Hasil *frequency index* ditentukan berdasarkan nilai probabilitas yang telah disesuaikan dengan Tabel 4.1 sebelumnya. Adapun pohon skenario peristiwa beserta nilai dari probabilitas terjadinya peristiwa tersebut berdasarkan hasil dari analisis terhadap pemodelan yang sudah dibuat serta wawancara dengan narasumber dapat dilihat pada Gambar 5.29 hingga Gambar 5.35 berikut.



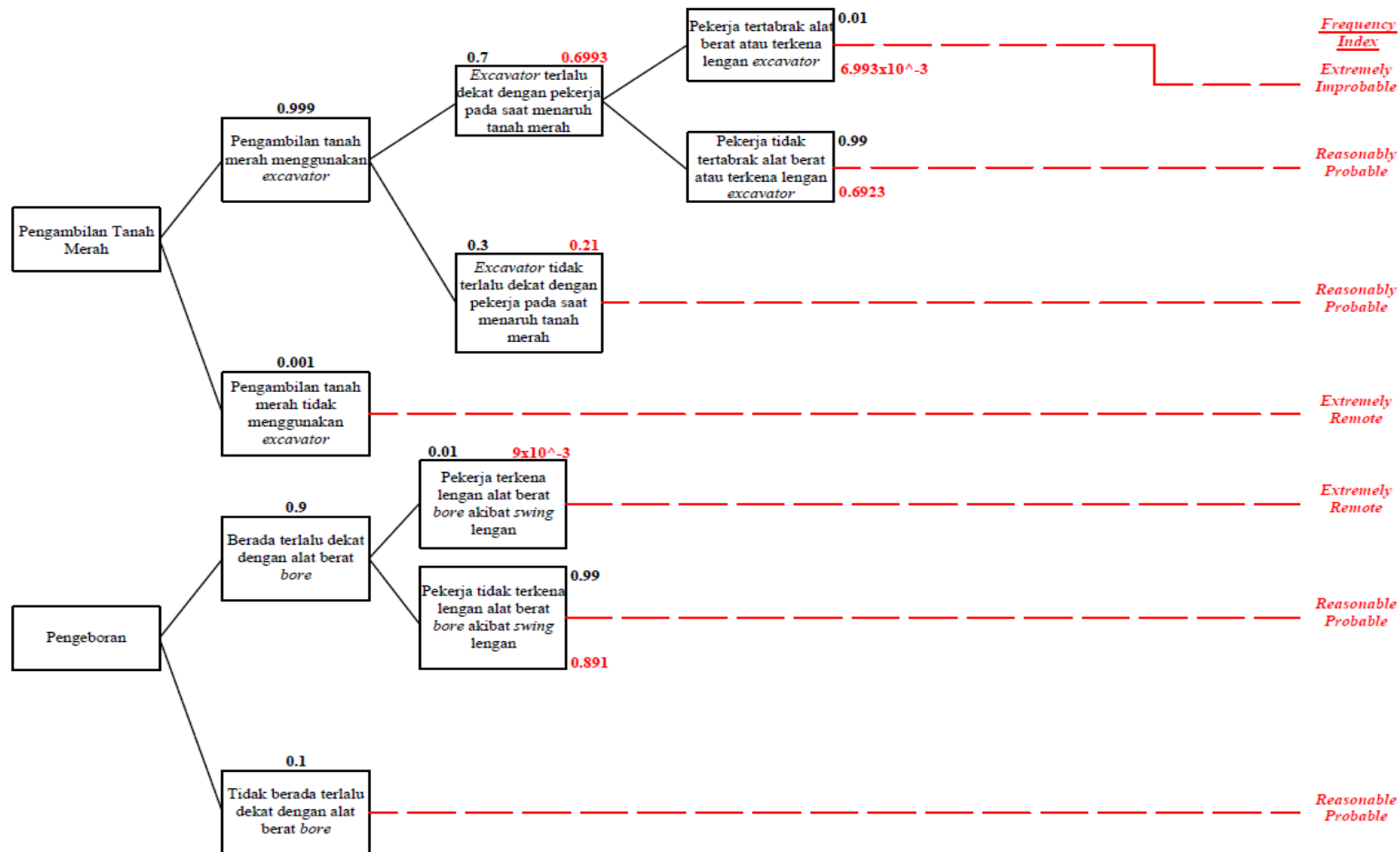
Gambar 5.29 Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Kegiatan *Marking*

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



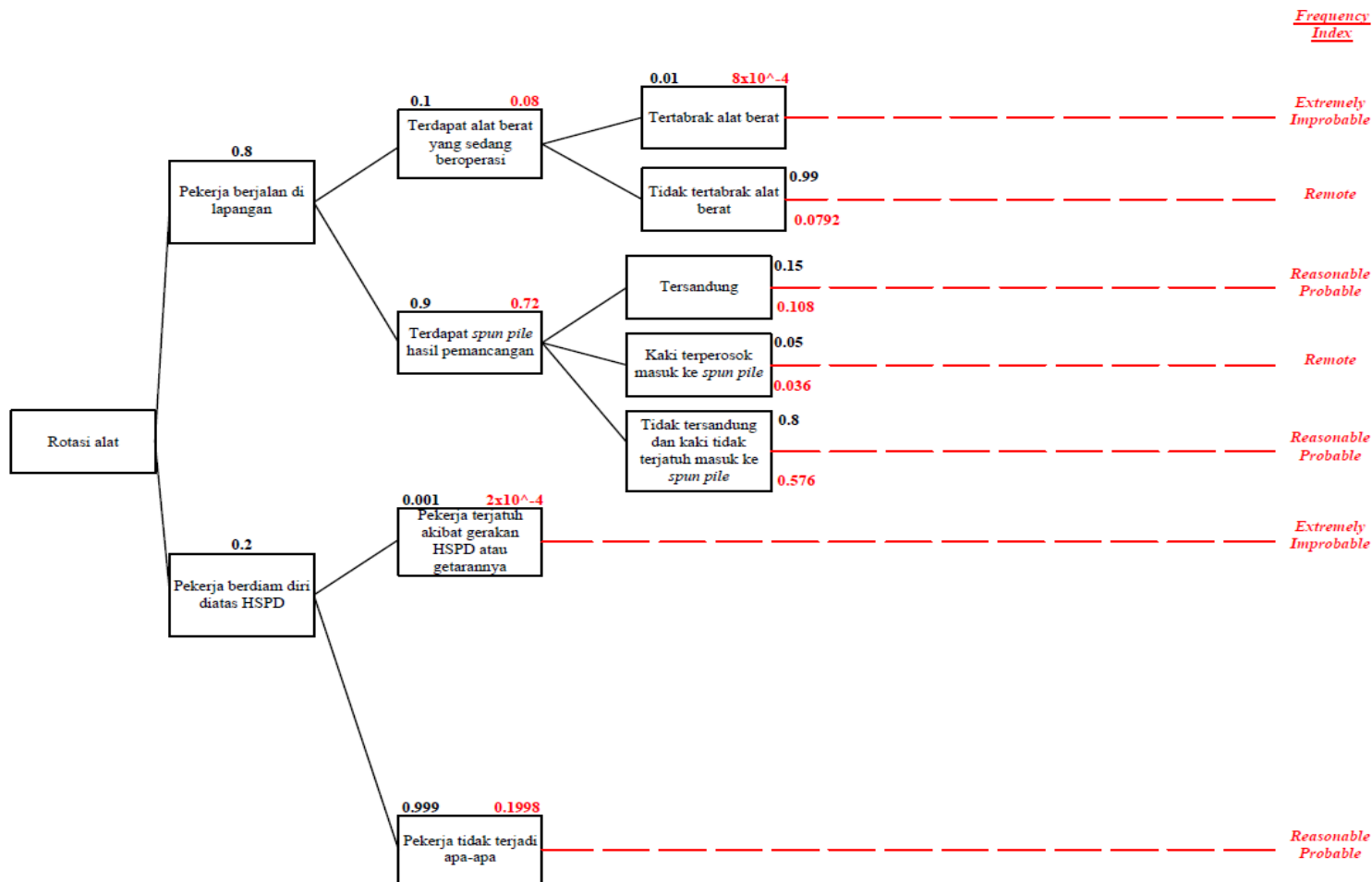
Gambar 5.30 Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Kegiatan Pengelasan

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



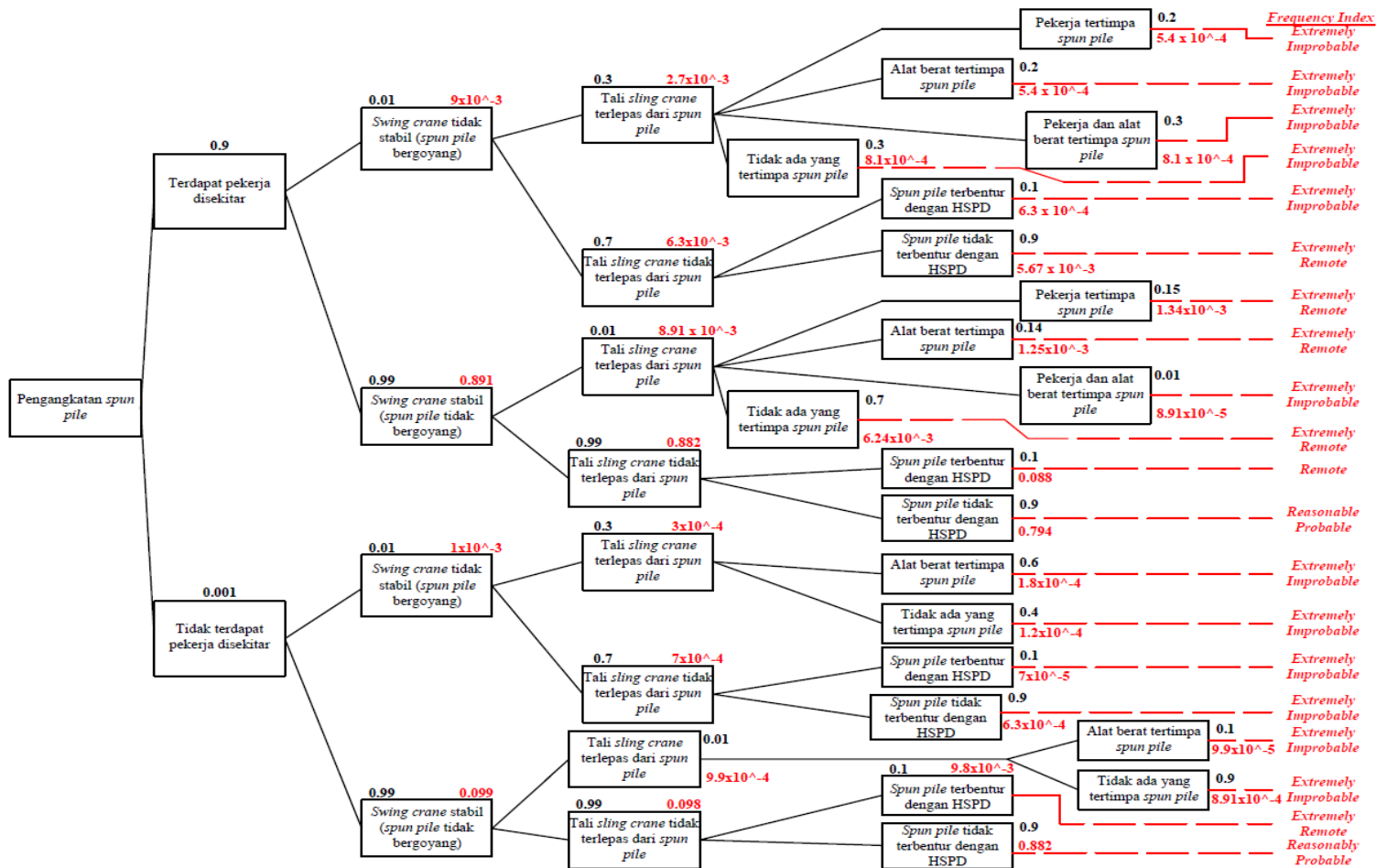
Gambar 5.31 Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Kegiatan Pengeboran dan Pemberian Tanah Merah

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



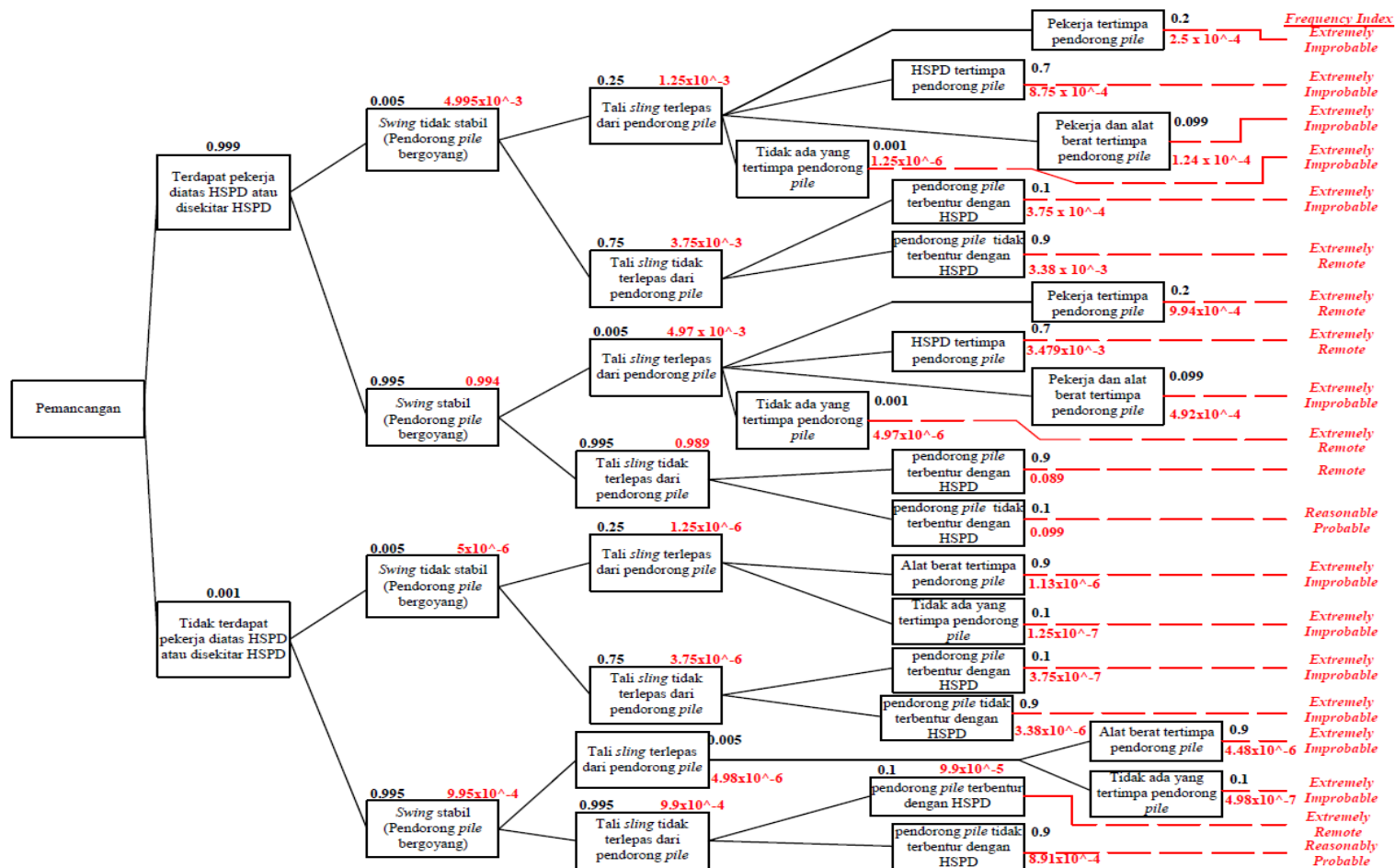
Gambar 5.32 Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Kegiatan Rotasi Alat

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



Gambar 5.33 Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Kegiatan Pengangkatan Spun Pile

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



Gambar 5.34 Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Kegiatan Pemancangan Spun Pile

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



Gambar 5.35 Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Kegiatan Pemotongan Spun Pile

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

5.4.3 Identifikasi Bahaya

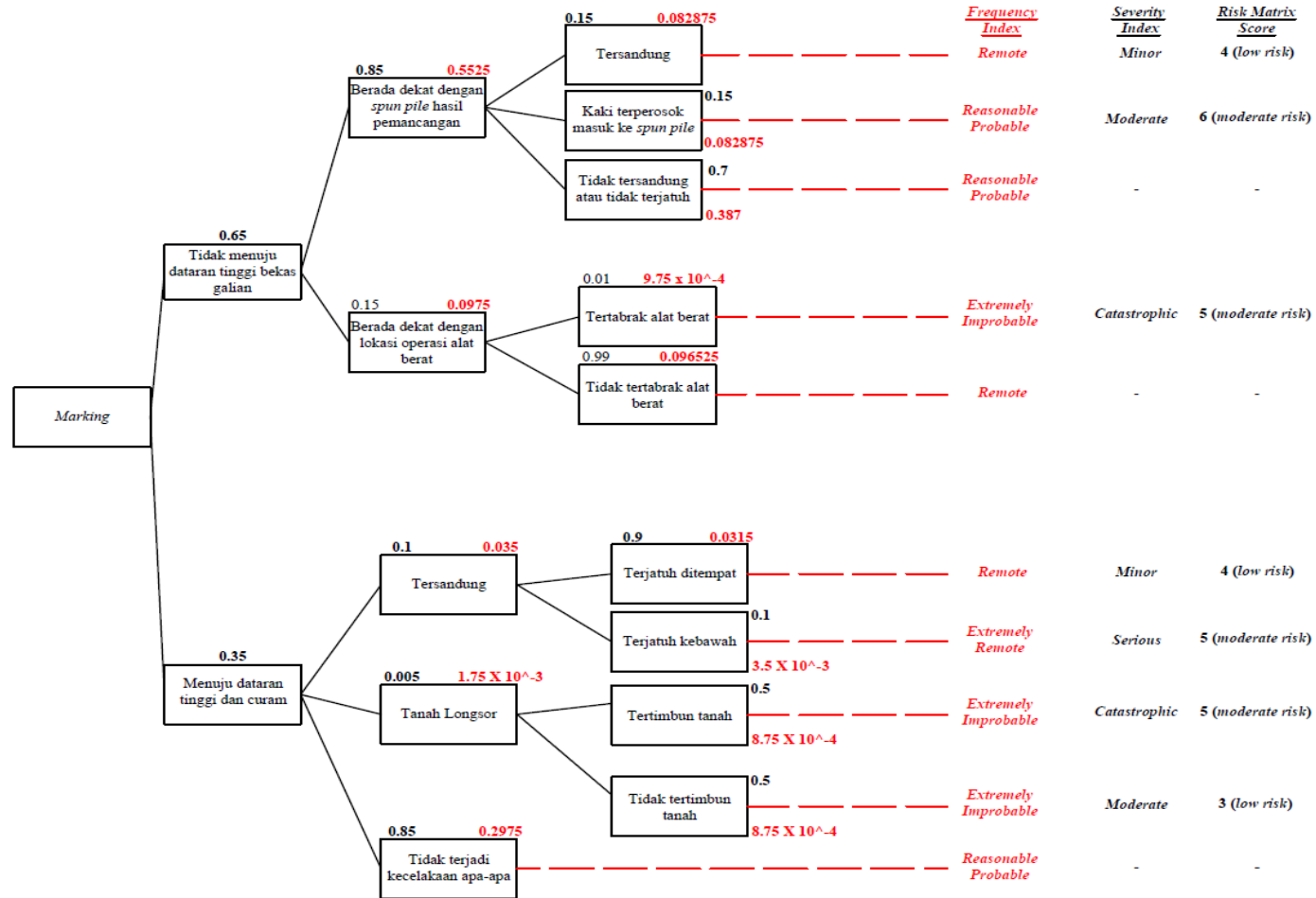
Berdasarkan analisis pohon skenario peristiwa kejadian pada Gambar 5.29 hingga 5.35 didapatkan beberapa skenario kejadian terjadinya kecelakaan kerja dari setiap kegiatan. Berdasarkan skenario tersebut dilakukan analisis dampak terjadinya kecelakaan kerja berdasarkan dari wawancara serta kuisisioner untuk menentukan besaran dampak dari terjadinya peristiwa tersebut. Nilai dari *severity index* dari setiap mode kejadian pada saat wawancara didasarkan pada Tabel 4.2 sebelumnya. Adapun hasil dari wawancara serta kuisisioner untuk menentukan besaran dampak tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Severity Index Mode Kejadian Peristiwa

Kegiatan	Mode Kejadian	Severity Index Terhadap Pekerja, Material, Maupun Non Material			
		Minor	Moderate	Serious	Catastrophic
Marking	Tersandung <i>spun pile</i>	✓			
	Kaki terjatuh masuk kedalam <i>spun pile</i>		✓		
	Tertabrak alat berat				✓
	Terjatuh dari dataran tinggi		✓		
	Tertimbun tanah longsor			✓	
Penyambungan <i>Spun Pile</i> (Pengelasan)	Terjadi konsleting hingga kebakaran atau ledakan		✓		
	Pekerja terjatuh dari HSPD atau kepala terbentur sesuatu		✓		
	Barang terjatuh kebawah atau rusak			✓	
Pengeboran	Pekerja tertabrak alat berat atau terkena lengan <i>excavator</i>				✓
	Pekerja terkena lengan alat berat <i>bore</i> akibat <i>swing</i> lengan				✓
Rotasi Alat	Tertabrak alat berat				✓
	Tersandung	✓			
	Kaki terjatuh masuk ke dalam <i>spun pile</i>		✓		
	Pekerja terjatuh akibat Gerakan HSPD atau akibat getarannya			✓	
Pengangkatan <i>Spun Pile</i>	Pekerja tertimpa <i>spun pile</i>				✓
	Alat berat tertimpa <i>spun pile</i>				✓
	Pekerja dan alat berat tertimpa <i>spun pile</i>				✓
	<i>Spun pile</i> terbentur dengan HSPD		✓		
Pemancangan	Pekerja tertimpa pendorong <i>pile</i>				✓
	Alat berat tertimpa pendorong <i>pile</i>				✓
	Pekerja dan alat berat tertimpa pendorong <i>pile</i>				✓
	Pendorong <i>pile</i> terbentur dengan HSPD		✓		
Pemotongan <i>Spun Pile</i>	Kepala terbentur HSPD			✓	
	Terkena <i>pile cutter</i>				✓
	Serbuk beton terhirup			✓	
	Tersandung atau terjatuh	✓			

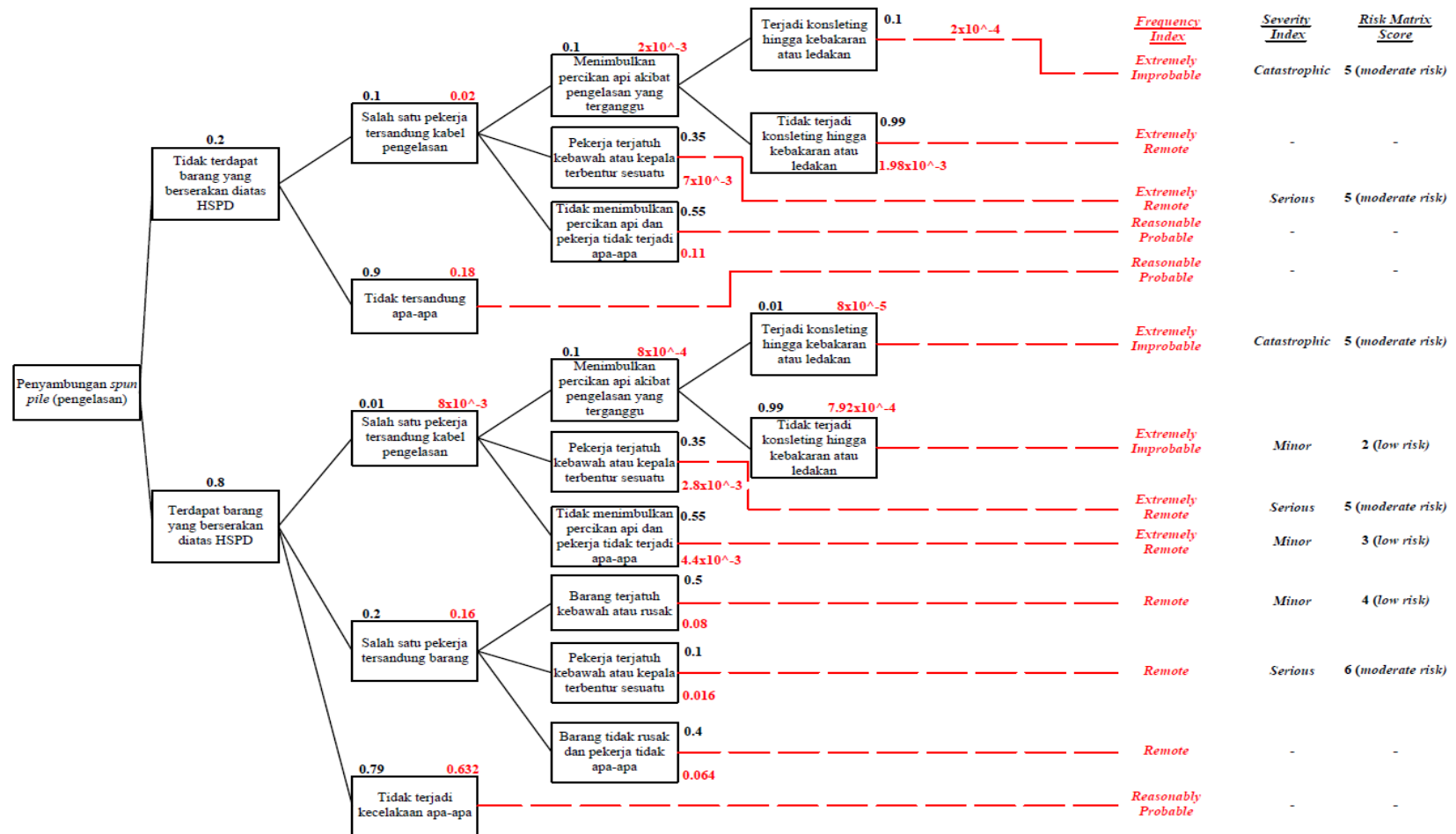
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

Setelah didapatkan nilai *severity index* dari beberapa mode kejadian yang telah dianalisis, maka nilai *severity index* tersebut digabungkan dengan pohon skenario peristiwa pada setiap tahapan kegiatan sehingga dapat diketahui nilai dari *risk matrix* pada masing-masing mode kejadian berdasarkan Tabel 4.3 dapat dilihat pada Gambar 5.36 hingga Gambar 5.42 berikut.



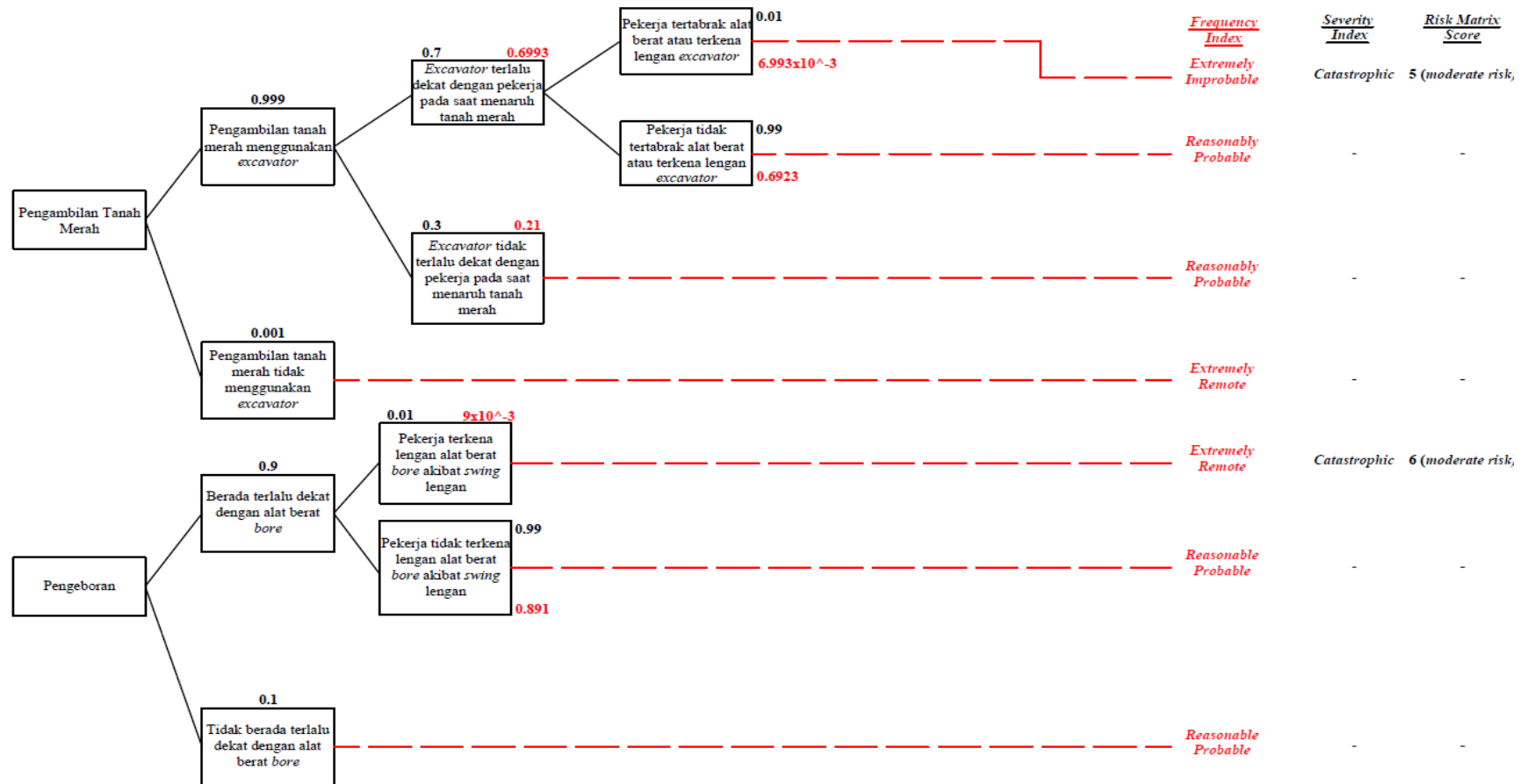
Gambar 5.36 Rekapitulasi Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Kegiatan Marking

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



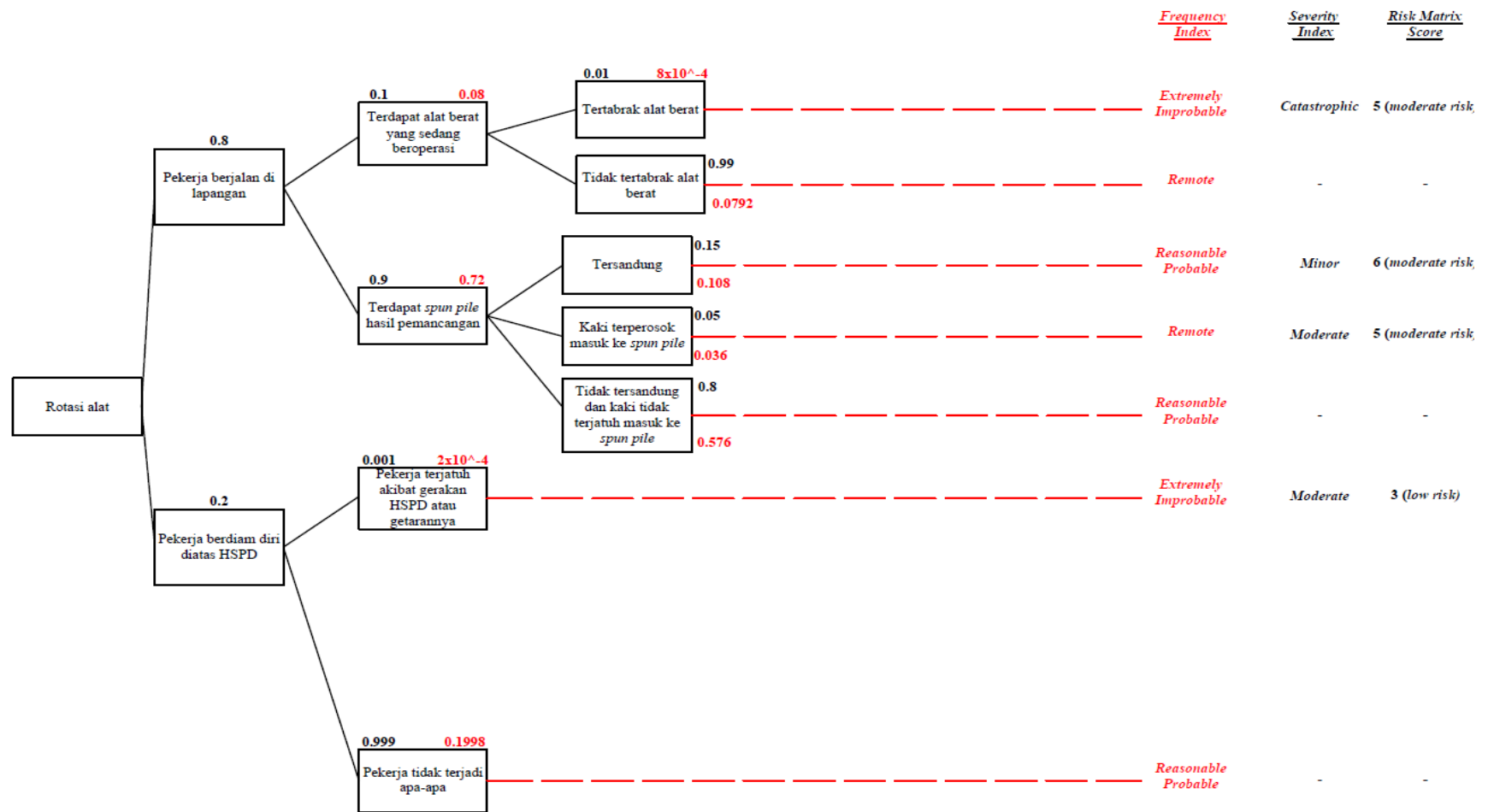
Gambar 5.37 Rekapitulasi Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Pengelasan

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



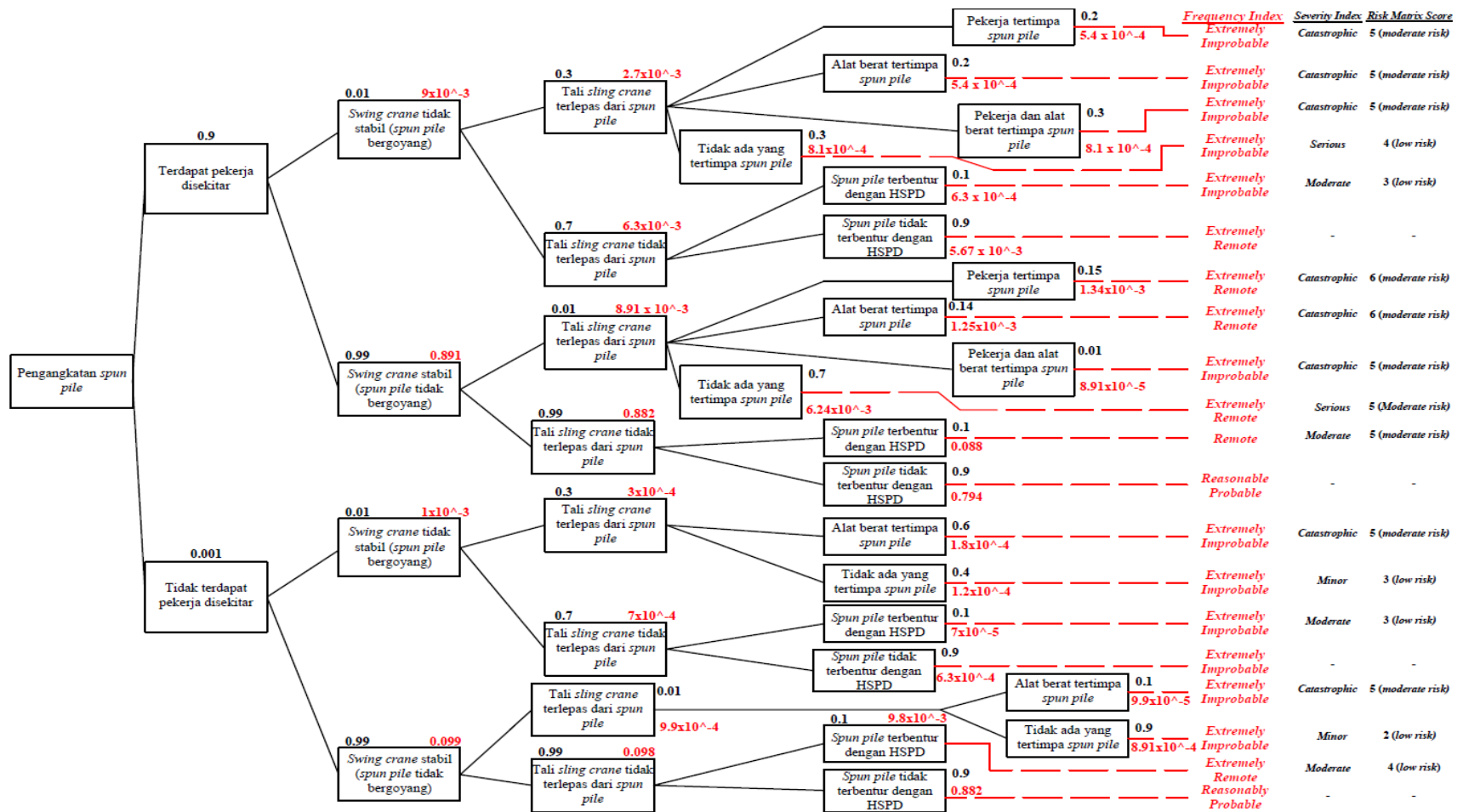
Gambar 5.38 Rekapitulasi Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Pengeboran dan pemberian tanah merah

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



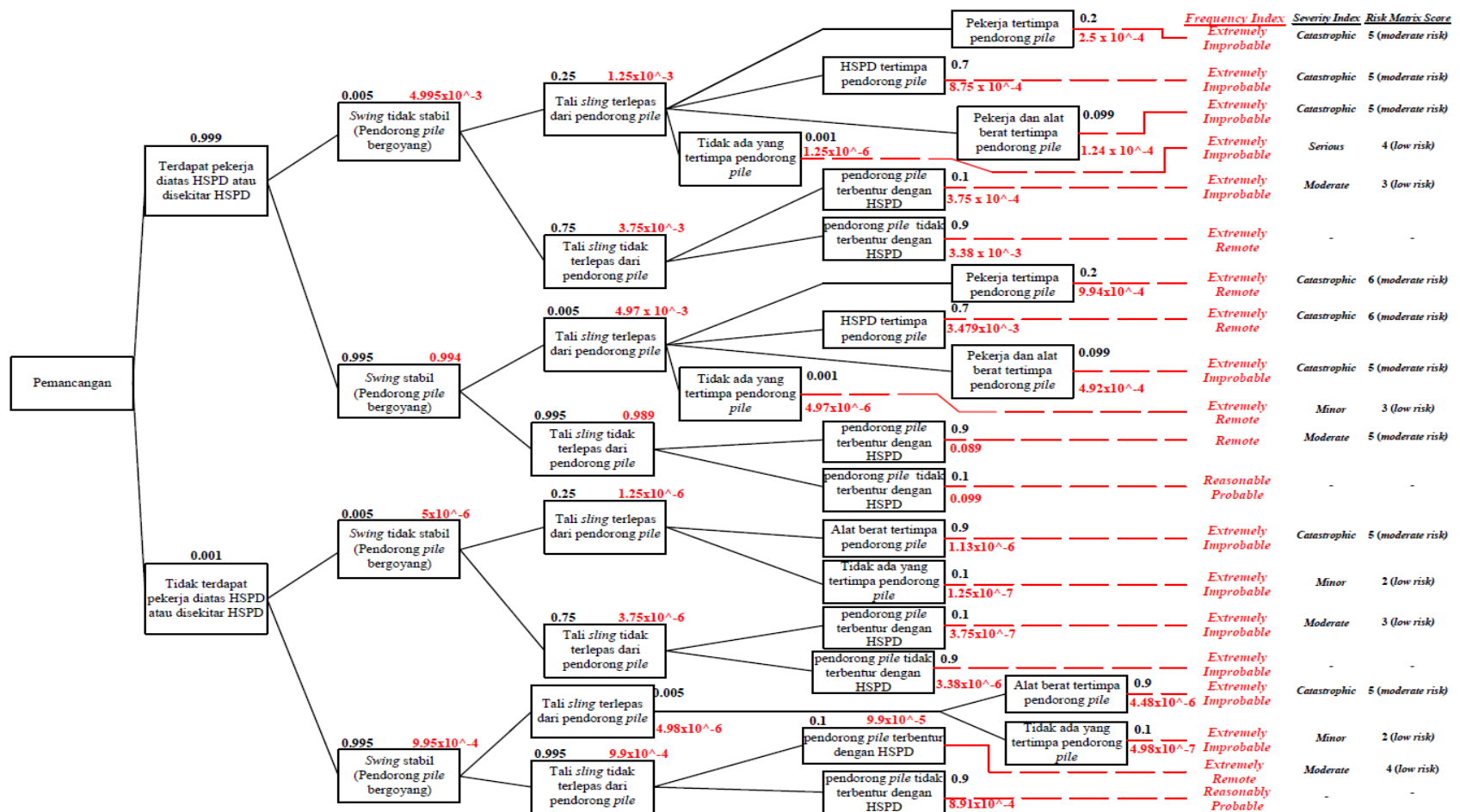
Gambar 5.39 Rekapitulasi Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Rotasi Alat

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



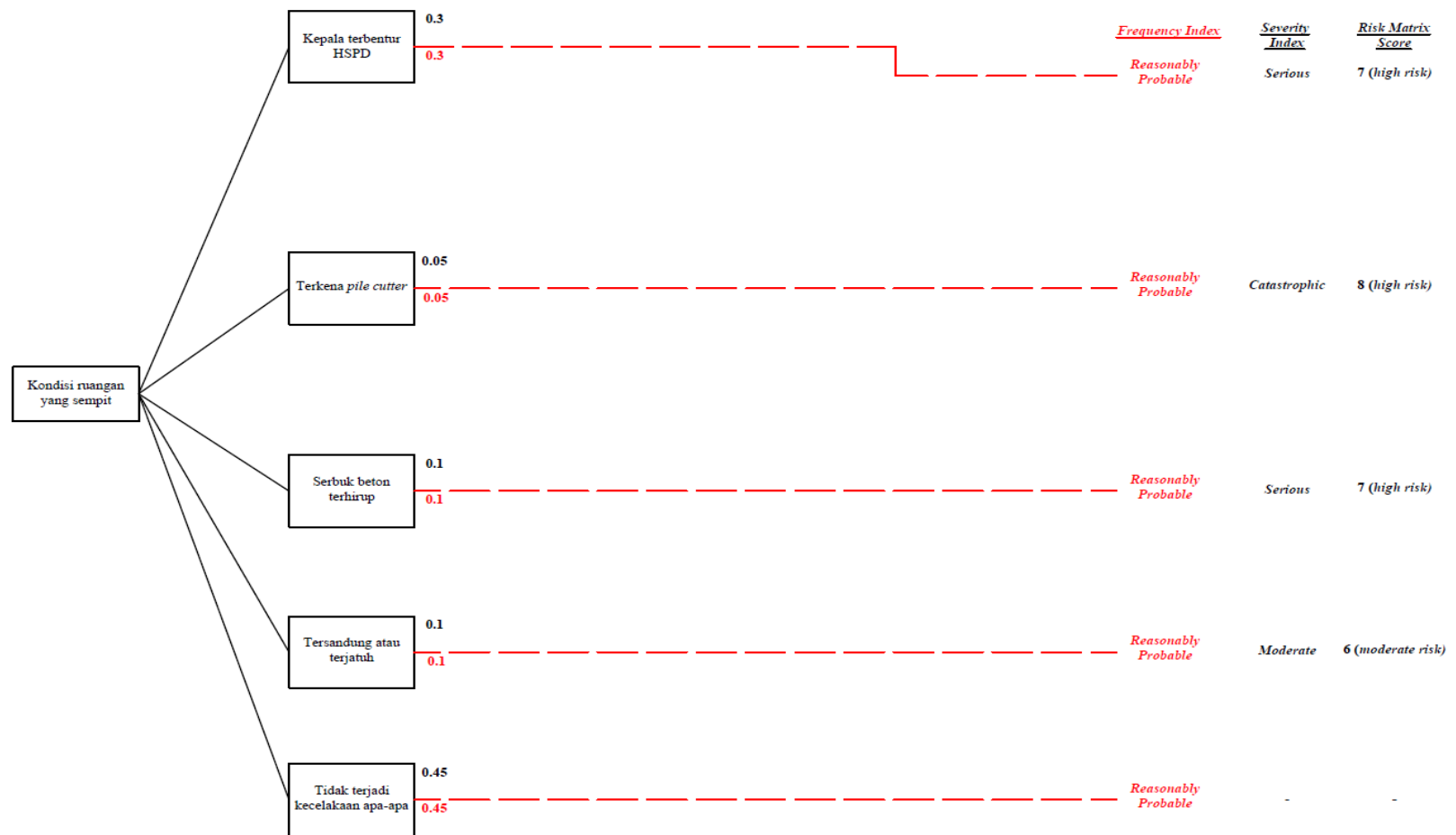
Gambar 5.40 Rekapitulasi Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Kegiatan Pengangkatan Spun Pile

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



Gambar 5.41 Rekapitulasi Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Pemancangan

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



Gambar 5.42 Rekapitulasi Analisis Pohon Skenario Peristiwa Pada Tahap Pemotongan Spun Pile

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

Adapun tatacara membaca diagram *Event Tree Analysis* pohon skenario peristiwa diatas dengan contoh pada Gambar 5.35 adalah sebagai berikut.

1. Pada tahap kegiatan *marking*, *surveyor* memiliki pilihan untuk menuju dataran tinggi bekas galian dengan probabilitas 0.65 (65%) atau menuju datara tinggi dan curam dengan probabilitas 0.35 (35%). Probabilitas ini ditentukan berdasarkan survei di lapangan.
2. Jika *surveyor* memilih untuk menuju dataran tinggi bekas galian maka *surveyor* akan berada pada kondisi di lapangan dengan kondisi berada dekat dengan *spun pile* hasil pemancangan (85%) atau berada dekat dengan lokasi operasi alat berat (15%).
3. Jika posisi *surveyor* berada dekat dengan *spun pile* hasil pemancangan maka akan ada 3 mode kejadian yang akan terjadi yaitu
 - a. *Surveyor* tersandung dengan probabilitas 0.15 (15%).
 - b. Kaki *surveyor* terjatuh masuk ke dalam *spun pile* dengan probabilitas 0.15 (15%).
 - c. *Surveyor* tidak tersandung ataupun kakinya tidak terjatuh masuk ke dalam *spun pile* dengan probabilitas 0.7 (70%).
4. Asumsi kejadian jika *Surveyor* tersandung *spun pile* bekas pemancangan yang ada di lapangan dengan probabilitas 0.15. Maka secara keseluruhan hingga terjadinya mode kejadian ini probabilitasnya sebesar 0.082875 dengan *frequency index remote* berdasarkan pada Tabel 4.1 dan *severity index moderate* berdasarkan pada Tabel 4.2 sehingga *risk matrix score* yang didapat pada kejadian ini sebesar 5 (*moderate risk*) berdasarkan pada Tabel 4.3 yang berarti bahwa kejadian ini memerlukan perhatian dan tambahan prosedur.

Adapun rekapitulasi serta nilai dari level respon resiko berdasarkan Tabel 4.4 pada setiap skenario kejadian dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Rekapitulasi *Risk Matrix Score* dan Level Respon Resiko Kejadian

Kegiatan	Skenario Peristiwa 1	Skenario Peristiwa 2	Skenario Peristiwa 3	Mode Kejadian	Frequency Index	Severity Index	Risk Matrix	Level Respon
Marking	Tidak menuju dataran tinggi bekas galian	Berada dekat dengan <i>spun pile</i> hasil pemancangan	-	Tersandung <i>Spun Pile</i>	<i>Remote</i>	<i>Minor</i>	4	<i>Low Risk</i>
			-	Kaki terjatuh masuk kedalam <i>spun pile</i>	<i>Reasonable Probable</i>	<i>Moderate</i>	6	<i>Moderate Risk</i>
		Berada dekat dengan lokasi operasi alat berat	-	Tertabrak alat berat	<i>Extremely Improbable</i>	<i>Catastrophic</i>	5	<i>Moderate Risk</i>
	Menuju dataran tinggi dan curam	Tersandung sesuatu	-	Terjatuh ditempat	<i>Remote</i>	<i>Minor</i>	4	<i>Low Risk</i>
			-	Terjatuh dari dataran tinggi	<i>Extremely Remote</i>	<i>Serious</i>	5	<i>Moderate Risk</i>
		Tanah longsor	-	Tertimbun tanah longsor	<i>Extremely Improbable</i>	<i>Catastrophic</i>	5	<i>Moderate Risk</i>
			-	Tanah longsor	<i>Extremely Remote</i>	<i>Catastrophic</i>	3	<i>Low Risk</i>
Pengelasan	Tidak terdapat barang yang berserakan diatas HSPD	Salah satu pekerja tersandung kabel pengelasan	Menimbulkan percikan api akibat pengelasan yang terganggu	Terjadi konsleting hingga kebakaran atau ledakan	<i>Extremely Improbable</i>	<i>Catastrophic</i>	5	<i>Moderate Risk</i>
			-	Pekerja terjatuh kebawah atau kepala terbentur sesuatu	<i>Extremely Remote</i>	<i>Serious</i>	5	<i>Moderate Risk</i>
	Tidak terdapat barang yang berserakan diatas HSPD	Salah satu pekerja tersandung kabel pengelasan	Menimbulkan percikan api akibat pengelasan yang terganggu	Terjadi konsleting hingga kebakaran atau ledakan	<i>Extremely Improbable</i>	<i>Catastrophic</i>	5	<i>Moderate Risk</i>
			-	Pekerja terjatuh kebawah atau kepala terbentur sesuatu	<i>Extremely Remote</i>	<i>Serious</i>	5	<i>Moderate Risk</i>
		Salah satu pekerja tersandung barang	-	Barang terjatuh kebawah atau rusak	<i>Remote</i>	<i>Minor</i>	4	<i>Low Risk</i>
			-	Pekerja terjatuh kebawah atau kepala terbentur sesuatu	<i>Remote</i>	<i>Serious</i>	6	<i>Moderate Risk</i>

Lanjutan Tabel 5.5 Rekapitulasi *Risk Matrix Score* dan Level Respon Resiko Kejadian

Kegiatan	Skenario Peristiwa 1	Skenario Peristiwa 2	Skenario Peristiwa 3	Mode Kejadian	Frequency Index	Severity Index	Risk Matrix	Level Respon
Pemberian Tanah Merah	Pengambilan menggunakan <i>Excavator</i>	<i>Excavator</i> terlalu dekat dengan pekerja	-	Pekerja tertabrak alat berat atau terkena lengan <i>excavator</i>	<i>Extremely Improbable</i>	<i>Catastrophic</i>	5	<i>Moderate Risk</i>
	Pengeboran	Berada terlalu dekat dengan alat berat <i>bore</i>	-	Pekerja terkena lengan alat berat <i>bore</i> akibat <i>swing</i> lengan	<i>Extremely Remote</i>	<i>Catastrophic</i>	6	<i>Moderate Risk</i>
Rotasi Alat	Pekerja berjalan di lapangan	Terdapat alat berat yang sedang beroperasi	-	Tertabrak alat berat	<i>Extremely Improbable</i>	<i>Catastrophic</i>	5	<i>Moderate Risk</i>
		Terdapat <i>spun pile</i> hasil pemancangan	-	Tersandung	<i>Reasonable Probable</i>	<i>Minor</i>	6	<i>Moderate Risk</i>
			-	Kaki terjatuh masuk ke <i>spun pile</i>	<i>Remote</i>	<i>Moderate</i>	5	<i>Moderate Risk</i>
	Pekerja berdiam diri diatas HSPD	-	-	Pekerja terjatuh akibat Gerakan HSPD atau getarannya	<i>Extremely Improbable</i>	<i>Moderate</i>	3	<i>Low Risk</i>
Pengangkatan Spun Pile	Terdapat pekerja di sekitar	<i>Swing crane</i> tidak stabil (<i>spun pile</i> bergoyang)	Tali <i>sling crane</i> terlepas dari <i>spun pile</i>	Pekerja tertimpa <i>spun pile</i>	<i>Extremely Improbable</i>	<i>Catastrophic</i>	5	<i>Moderate Risk</i>
				Alat berat tertimpa <i>spun pile</i>	<i>Extremely Improbable</i>	<i>Catastrophic</i>	5	<i>Moderate Risk</i>
				Pekerja dan alat berat tertimpa <i>spun pile</i>	<i>Extremely Improbable</i>	<i>Catastrophic</i>	5	<i>Moderate Risk</i>
				Tidak ada yang tertimpa <i>spun pile</i>	<i>Extremely Improbable</i>	<i>Serious</i>	4	<i>Low Risk</i>
			Tali <i>sling crane</i> tidak terlepas dari <i>spun pile</i>	<i>Spun pile</i> terbentur dengan HSPD	<i>Extremely Improbable</i>	<i>Moderate</i>	3	<i>Low Risk</i>
		<i>Swing crane</i> stabil (<i>spun pile</i> tidak bergoyang)	Tali <i>sling crane</i> terlepas dari <i>spun pile</i>	Pekerja tertimpa <i>spun pile</i>	<i>Extremely Remote</i>	<i>Catastrophic</i>	6	<i>Moderate Risk</i>
				Alat berat tertimpa <i>spun pile</i>	<i>Extremely Remote</i>	<i>Catastrophic</i>	6	<i>Moderate Risk</i>

Lanjutan Tabel 5.5 Rekapitulasi *Risk Matrix Score* dan Level Respon Resiko Kejadian

Kegiatan	Skenario Peristiwa 1	Skenario Peristiwa 2	Skenario Peristiwa 3	Mode Kejadian	Frequency Index	Severity Index	Risk Matrix	Level Respon
Pengangkatan Spun Pile	Terdapat pekerja di sekitar	Swing crane stabil (spun pile tidak bergoyang)	Tali <i>sling crane</i> terlepas dari spun pile	Pekerja dan alat berat tertimpa spun pile	Extremely Improbable	Catastrophic	5	Moderate Risk
				Tidak ada yang tertimpa spun pile	Extremely Remote	Serious	5	Moderate Risk
			Tali <i>sling crane</i> tidak terlepas dari spun pile	Spun pile terbentur dengan HSPD	Remote	Moderate	5	Moderate Risk
	Tidak terdapat pekerja di sekitar	Swing crane tidak stabil (spun pile bergoyang)	Tali <i>sling crane</i> terlepas dari spun pile	Alat berat tertimpa spun pile	Extremely Improbable	Catastrophic	5	Moderate Risk
			Tali <i>sling crane</i> tidak terlepas dari spun pile	Spun pile terbentur dengan HSPD	Extremely Improbable	Moderate	3	Low Risk
		Swing crane stabil (spun pile tidak bergoyang)	Tali <i>sling crane</i> terlepas dari spun pile	Alat berat tertimpa spun pile	Extremely Improbable	Catastrophic	5	Moderate Risk
			Tali <i>sling crane</i> tidak terlepas dari spun pile	Spun pile terbentur dengan HSPD	Extremely Remote	Moderate	4	Low Risk
Pemancangan	Terdapat pekerja di sekitar	Swing crane tidak stabil (pendorong pile bergoyang)	Tali <i>sling crane</i> terlepas dari pendorong pile	Pekerja tertimpa pendorong pile	Extremely Improbable	Catastrophic	5	Moderate Risk
				Alat berat tertimpa pendorong pile	Extremely Improbable	Catastrophic	5	Moderate Risk
				Pekerja dan alat berat tertimpa pendorong pile	Extremely Improbable	Catastrophic	5	Moderate Risk
				Tidak ada yang tertimpa pendorong pile	Extremely Improbable	Serious	4	Low Risk
			Tali <i>sling crane</i> tidak terlepas dari pendorong pile	Pendorong pile terbentur dengan HSPD	Extremely Improbable	Moderate	3	Low Risk

Lanjutan Tabel 5.5 Rekapitulasi *Risk Matrix Score* dan Level Respon Resiko Kejadian

Kegiatan	Skenario Peristiwa 1	Skenario Peristiwa 2	Skenario Peristiwa 3	Mode Kejadian	Frequency Index	Severity Index	Risk Matrix	Level Respon
Pengangkatan Spun Pile	Terdapat pekerja di sekitar	Swing crane stabil (pendorong <i>pile</i> tidak bergoyang)	Tali <i>sling crane</i> terlepas dari pendorong <i>pile</i>	Pekerja tertimpa pendorong <i>pile</i>	<i>Extremely Remote</i>	<i>Catastrophic</i>	6	<i>Moderate Risk</i>
				HSPD tertimpa pendorong <i>pile</i>	<i>Extremely Remote</i>	<i>Catastrophic</i>	6	<i>Moderate Risk</i>
				Pekerja dan alat berat tertimpa pendorong <i>pile</i>	<i>Extremely Improbable</i>	<i>Catastrophic</i>	5	<i>Moderate Risk</i>
				Tidak ada yang tertimpa pendorong <i>pile</i>	<i>Extremely Remote</i>	<i>Serious</i>	5	<i>Moderate Risk</i>
			Tali <i>sling crane</i> tidak terlepas dari pendorong <i>pile</i>	Pendorong <i>pile</i> terbentur dengan HSPD	<i>Remote</i>	<i>Moderate</i>	5	<i>Moderate Risk</i>
	Tidak terdapat pekerja di sekitar	Swing crane tidak stabil (pendorong <i>pile</i> bergoyang)	Tali <i>sling crane</i> terlepas dari pendorong <i>pile</i>	Alat berat tertimpa pendorong <i>pile</i>	<i>Extremely Improbable</i>	<i>Catastrophic</i>	5	<i>Moderate Risk</i>
			Tali <i>sling crane</i> tidak terlepas	pendorong <i>pile</i> terbentur dengan HSPD	<i>Extremely Improbable</i>	<i>Moderate</i>	3	<i>Low Risk</i>
		Swing crane stabil (pendorong <i>pile</i> tidak bergoyang)	Tali <i>sling crane</i> terlepas dari pendorong <i>pile</i>	Alat berat tertimpa pendorong <i>pile</i>	<i>Extremely Improbable</i>	<i>Catastrophic</i>	5	<i>Moderate Risk</i>
			Tali <i>sling crane</i> tidak terlepas	pendorong <i>pile</i> terbentur dengan HSPD	<i>Extremely Remote</i>	<i>Moderate</i>	4	<i>Low Risk</i>
Pemotongan Spun Pile	Lingkungan yang sempit	-	-	Kepala terbentur HSPD	<i>Reasonable Probable</i>	<i>Serious</i>	7	<i>High Risk</i>
		-	-	Terkena <i>pile cutter</i>	<i>Reasonable Probable</i>	<i>Catastrophic</i>	8	<i>High Risk</i>
		-	-	Serbuk beton terhirup	<i>Reasonable Probable</i>	<i>Serious</i>	7	<i>High Risk</i>
		-	-	Tersandung atau terjatuh	<i>Reasonable Probable</i>	<i>Moderate</i>	6	<i>Moderate Risk</i>

5.5 Penyebab dan Pencegahan Kecelakaan Kerja

Berdasarkan rekapitulasi analisis pohon skenario peristiwa pada kegiatan *marking* hingga pemotongan *spun pile* maka penyebab dan pencegahan terjadinya kecelakaan kerja pada setiap mode kejadian adalah sebagai berikut.

Tabel 5.6 Faktor Penyebab dan Tindak Pencegahan Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Marking

Marking						
Mode Kejadian	Faktor Penyebab				Tindak Mitigasi	Relevan
	Manusia	Teknis	Manajemen	Lingkungan		
Tersandung <i>spun pile</i> atau terjatuh di tempat	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak waspada - Kurang konsentrasi - Kelelahan 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak ada tanda bekas pemancangan 	<ul style="list-style-type: none"> - Perlu adanya prosedur pasca dilakukannya pemancangan 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Spun pile</i> hasil pemancangan menonjol diatas muka tanah - Lubang <i>spun pile</i> tidak ditutup 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja yang wajar dan istirahat yang cukup - Memberikan tanda bekas lokasi pemancangan seperti plastik merah yang mudah terlihat - Pemancangan atau pemotongan <i>spun pile</i> dilakukan hingga berada pada elevasi muka tanah - Penutupan lubang <i>spun pile</i> hasil pemancangan dengan menggunakan batu atau sebagainya - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui 	✓
Kaki terperosok masuk ke dalam <i>spun pile</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Tidak waspada -Kurang konsentrasi -Kelelahan 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak ada tanda bekas pemancangan 	<ul style="list-style-type: none"> - Perlu adanya prosedur pasca dilakukannya pemancangan 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Spun pile</i> hasil pemancangan menonjol diatas muka tanah - Lubang <i>spun pile</i> tidak ditutup 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja yang wajar dan istirahat yang cukup - Memberikan tanda bekas lokasi pemancangan seperti plastik merah yang mudah terlihat - Pemancangan atau pemotongan <i>spun pile</i> dilakukan hingga berada pada elevasi muka tanah - Penutupan lubang <i>spun pile</i> hasil pemancangan dengan menggunakan batu atau sebagainya - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui 	✓

Lanjutan Tabel 5.6 Faktor Penyebab dan Tindak Pencegahan Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Marking

Mode Kejadian	Marking				Tindak Mitigasi	Relevan
	Manusia	Teknis	Manajemen	Lingkungan		
Tertabrak alat berat	- Tidak waspada - Kurang konsentrasi - Kelelahan	- Kesalahan dalam pengoperasian alat berat (lalai)	- Belum adanya prosedur yang jelas dalam mengambil jalur yang terdapat titik konflik dengan jalur alat berat	- Terdapat alat berat yang sedang beroperasi	- <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Adanya prosedur yang jelas untuk pengambilan titik rencana dan alur jalan dengan memperhatikan keadaan sekitar dan tidak melewati jalur alat berat - Perbaikan komunikasi - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui	✓
Terjatuh ke bawah dari ketinggian tebing	-Tidak waspada -Kurang konsentrasi -Kelelahan	- Lingkungan kerja yang tidak aman	- Terdapat akses terhadap kondisi tidak aman - Kurangnya pengawasan terhadap pekerja (dibawah tebing)	- Kondisi jalan setapak yang cukup kecil - Kondisi licin jika hujan	- <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Melakukan penutupan akses dan pengawasan terhadap area yang tidak aman - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui	✓
Tertimbun tanah longsor	-Tidak waspada -Kurang konsentrasi	- Lingkungan kerja yang tidak aman	- Terdapat akses terhadap kondisi tidak aman - Kurangnya pengawasan terhadap pekerja yang berada di area tidak aman (dibawah tebing)	- Kondisi jalan setapak yang cukup kecil - Bencana atau cuaca alam	- <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Melakukan penutupan akses dan pengawasan terhadap area tidak aman - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui - Melakukan perbaikan tanah terhadap tebing yang berpotensi longsor	✓

Tabel 5.7 Faktor Penyebab dan Tindak Pencegahan Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Pengelasan

Penyambungan Spun Pile (Pengelasan)						
Mode Kejadian	Faktor Penyebab				Tindak Mitigasi	Relevan
	Manusia	Teknis	Manajemen	Lingkungan		
Terjadi konsleting hingga kebakaran atau ledakan	- Tidak waspada - Kurang konsentrasi - Kelelahan	- Kesalahan dalam pengoperasian alat	- Tidak adanya prosedur pengecekan terhadap alat kerja dan kerapihan barang	- Berserakannya alat kerja di area kerja	- <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Perlu adanya prosedur pengecekan alat kerja dan kerapihan alat kerja di lapangan - Pelatihan keselamatan kerja - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui	✓
Pekerja terjatuh dari HSPD atau kepala terbentur sesuatu	-Tidak waspada -Kurang konsentrasi -Kelelahan	- Lantai licin - Permukaan tidak rata	- Tidak adanya prosedur pengecekan dan kerapihan terhadap alat kerja dan kerapihan barang	- Berserakannya alat kerja di area kerja - Kondisi hujan (basah)	- <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Perlu adanya prosedur pengecekan alat kerja dan kerapihan alat kerja di lapangan - Perlu adanya alas kaki anti licin - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui	✓
Barang atau alat kerja terjatuh kebawah HSPD	-Tidak waspada -Kurang konsentrasi	- Menaruh barang di sembarang tempat	Tidak adanya prosedur pengecekan dan kerapihan terhadap alat kerja dan kerapihan barang	- Berserakannya alat kerja di area kerja	- <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Perlu adanya prosedur pengecekan alat kerja dan kerapihan alat kerja di lapangan - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui	✓

Tabel 5.8 Faktor Penyebab dan Tindak Pencegahan Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Pengambilan Tanah Merah dan Pengeboran

Pengambilan Tanah Merah dan Pengeboran						
Mode Kejadian	Faktor Penyebab				Tindak Mitigasi	Relevan
	Manusia	Teknis	Manajemen	Lingkungan		
Pekerja tertabrak alat berat atau terkena lengan <i>excavator</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak waspada - Kurang konsentrasi - Kelelahan 	<ul style="list-style-type: none"> - Kesalahan dalam pengoperasian alat berat (lalai) 	<ul style="list-style-type: none"> - Belum adanya prosedur yang jelas mengenai jarak aman antara pekerja dengan <i>excavator</i> ketika menaruh tanah merah 	<ul style="list-style-type: none"> - Terdapat alat berat yang sedang beroperasi 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Adanya prosedur yang jelas jarak aman antara <i>excavator</i> dengan pekerja pada saat menaruh tanah merah - Perbaiki komunikasi - Perlu adanya pelatihan atau sertifikat operator untuk peningkatan SDM pekerja - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui 	✓
Pekerja tertabrak alat berat atau terkena lengan <i>bore</i> akibat <i>swing</i> lengan	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak waspada - Kurang konsentrasi - Kelelahan 	<ul style="list-style-type: none"> - Kesalahan dalam pengoperasian alat berat (lalai) 	<ul style="list-style-type: none"> - Belum adanya prosedur yang jelas mengenai jarak aman antara pekerja dengan alat berat <i>bore</i> ketika pengeboran 	<ul style="list-style-type: none"> - Terdapat alat berat yang sedang beroperasi 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Adanya prosedur yang jelas jarak aman antara alat berat <i>bore</i> dengan pekerja pada saat pengeboran - Perbaiki komunikasi - Perlu adanya pelatihan atau sertifikat operator untuk peningkatan SDM pekerja - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui 	✓

Tabel 5.9 Faktor Penyebab dan Tindak Pencegahan Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Rotasi Alat

Rotasi Alat						
Mode Kejadian	Faktor Penyebab				Tindak Mitigasi	Relevan
	Manusia	Teknis	Manajemen	Lingkungan		
Tertabrak alat berat	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak waspada - Kurang konsentrasi - Kelelahan 	<ul style="list-style-type: none"> - Kesalahan dalam pengoperasian alat berat (lalai) 	<ul style="list-style-type: none"> - Belum adanya prosedur yang jelas dalam mengambil jalur yang terdapat titik konflik dengan jalur alat berat 	<ul style="list-style-type: none"> - Terdapat alat berat yang sedang beroperasi 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Adanya prosedur yang jelas untuk pengambilan titik rencana dan alur jalan dengan memperhatikan keadaan sekitar dan tidak melewati jalur alat berat - Perbaikan komunikasi - Perlu adanya pelatihan atau sertifikat operator untuk peningkatan SDM pekerja - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui 	✓
Tersandung <i>spun pile</i> atau terjatuh di tempat	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak waspada - Kurang konsentrasi - Kelelahan 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak ada tanda bekas pemancangan 	<ul style="list-style-type: none"> - Perlu adanya prosedur pasca dilakukannya pemancangan 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Spun pile</i> hasil pemancangan menonjol diatas muka tanah - Lubang <i>spun pile</i> tidak ditutup 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja yang wajar dan istirahat yang cukup - Memberikan tanda bekas lokasi pemancangan seperti plastik merah yang mudah terlihat - Pemancangan atau pemotongan <i>spun pile</i> dilakukan hingga berada pada elevasi muka tanah - Penutupan lubang <i>spun pile</i> hasil pemancangan dengan menggunakan batu atau sebagainya - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui 	✓

Tabel 5.10 Faktor Penyebab dan Tindak Pencegahan Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Pengangkatan *Spun Pile*

Pengangkatan <i>Spun Pile</i>						
Mode Kejadian	Faktor Penyebab				Tindak Mitigasi	Relevan
	Manusia	Teknis	Manajemen	Lingkungan		
Tali <i>slings</i> terlepas sehingga pekerja atau alat berat tertimpa <i>spun pile</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Komunikasi yang buruk - Terburu-buru - Kurang konsentrasi dan waspada - Kelelahan - SDM kurang 	<ul style="list-style-type: none"> - Kesalahan dalam pengoperasian alat berat (lalai) - Pengikatan <i>slings</i> ke <i>spun pile</i> kurang kuat - Tali <i>slings</i> dalam kondisi kurang baik 	<ul style="list-style-type: none"> - Belum adanya prosedur yang jelas dalam pengangkatan <i>spun pile</i> mulai dari pengikatan <i>spun pile</i> hingga menaruh <i>spun pile</i> di HSPD - Belum adanya prosedur mengenai batas jarak aman pada saat pelaksanaan kegiatan pengangkatan <i>spun pile</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuaca angin kencang 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Perlu adanya pelatihan atau sertifikat operator untuk peningkatan SDM pekerja - Perlu adanya pengecekan rutin mengenai kondisi alat berat - Adanya prosedur yang jelas mengenai pengangkatan <i>spun pile</i> mulai dari pengikatan <i>spun pile</i> hingga menaruh <i>spun pile</i> di HSPD - Adanya prosedur yang jelas mengenai batas jarak aman pada saat pelaksanaan kegiatan pengangkatan <i>spun pile</i> - Memastikan pekerjaan dilaksanakan dalam keadaan angin tidak kencang - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui 	✓
<i>Spun pile</i> terbentur dengan HSPD	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak waspada - Kurang konsentrasi - Kelelahan 	<ul style="list-style-type: none"> - Kesalahan dalam pengoperasian alat berat (lalai) 	<ul style="list-style-type: none"> - Belum adanya prosedur yang jelas dalam pengangkatan <i>spun pile</i> mulai dari pengikatan <i>spun pile</i> hingga menaruh <i>spun pile</i> di HSPD 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuaca angin kencang 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja yang wajar dan istirahat yang cukup - Adanya prosedur yang jelas mengenai pengangkatan <i>spun pile</i> mulai dari pengikatan <i>spun pile</i> hingga menaruh <i>spun pile</i> di HSPD - Memastikan pekerjaan dilaksanakan dalam keadaan angin tidak kencang - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui 	✓

Tabel 5.12 Faktor Penyebab dan Tindak Pencegahan Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Pemancangan

Pemancangan <i>Spun Pile</i>						
Mode Kejadian	Faktor Penyebab				Tindak Mitigasi	Relevan
	Manusia	Teknis	Manajemen	Lingkungan		
Tali <i>slings</i> terlepas sehingga Pekerja atau alat berat tertimpa pendorong <i>pile</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Komunikasi yang buruk - Terburu-buru - Kurang konsentrasi dan waspada - Kelelahan - SDM kurang 	<ul style="list-style-type: none"> - Kesalahan dalam pengoperasian alat berat (lalai) - Tali <i>slings</i> dalam kondisi kurang baik 	<ul style="list-style-type: none"> - Belum adanya prosedur yang jelas dalam kegiatan pemancangan <i>spun pile</i> mulai dari <i>swing</i> pendorong <i>pile</i> hingga pemancangannya - Belum adanya prosedur mengenai batas jarak aman pada saat pelaksanaan kegiatan pemancangan 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuaca angin kencang 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Perlu adanya pelatihan atau sertifikat operator untuk peningkatan SDM pekerja - Perlu adanya pengecekan rutin mengenai kondisi alat berat - Adanya prosedur yang jelas mengenai kegiatan pemancangan mulai dari <i>swing</i> pendorong <i>pile</i> hingga selesai pemancangan - Adanya prosedur yang jelas mengenai batas jarak aman pada saat pelaksanaan kegiatan pemancangan - Memastikan pekerjaan dilaksanakan dalam keadaan angin tidak kencang - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui 	✓
Pendorong <i>pile</i> terbentur dengan HSPD	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak waspada - Kurang konsentrasi - Kelelahan - Komunikasi yang buruk 	<ul style="list-style-type: none"> - Kesalahan dalam pengoperasian alat berat (lalai) 	<ul style="list-style-type: none"> - Belum adanya prosedur yang jelas dalam kegiatan pemancangan <i>spun pile</i> mulai dari <i>swing</i> pendorong <i>pile</i> hingga pemancangannya 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuaca angin kencang 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja yang wajar dan istirahat yang cukup - Perlu adanya pelatihan atau sertifikat operator untuk peningkatan SDM pekerja - Adanya prosedur yang jelas mengenai kegiatan pemancangan mulai dari <i>swing</i> pendorong <i>pile</i> hingga selesai pemancangan - Adanya prosedur yang jelas mengenai batas jarak aman pada saat pelaksanaan kegiatan pemancangan - Memastikan pekerjaan dilaksanakan dalam keadaan angin tidak kencang - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui 	✓

Tabel 5.13 Faktor Penyebab dan Tindak Pencegahan Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Pemotongan *Spun Pile*

Pemotongan <i>Spun Pile</i>						
Mode Kejadian	Faktor Penyebab				Tindak Mitigasi	Relevan
	Manusia	Teknis	Manajemen	Lingkungan		
Kepala terbentur HSPD	- Terburu -buru - Kurang konsentrasi dan waspada - Kelelahan	- Aktivitas tidak aman	- Belum adanya prosedur mengenai jumlah orang yang boleh berada di lokasi pemotongan <i>spun pile</i> setelah pemancangan	- Kondisi ruangan yang sempit	- <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Adanya prosedur jumlah orang yang boleh berada di lokasi pemotongan <i>spun pile</i> - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lain yang tidak diketahui	✓
Terkena <i>pile cutter</i>	- Terburu -buru - Kurang konsentrasi dan waspada - Kelelahan	- Kesalahan dalam pengoperasian alat (lalai) - Aktivitas tidak aman	- Belum adanya prosedur mengenai jumlah orang yang boleh berada di lokasi pemotongan <i>spun pile</i> setelah pemancangan	- Kondisi ruangan yang sempit	- <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja yang wajar dan istirahat yang cukup - Adanya prosedur jumlah orang yang boleh berada di lokasi pemotongan <i>spun pile</i> - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui	✓
Serbuk beton terhirup	- Terburu -buru - Kurang konsentrasi dan waspada - Kelelahan	- Aktivitas tidak aman	- Belum adanya prosedur mengenai jumlah orang yang boleh berada di lokasi pemotongan <i>spun pile</i> setelah pemancangan		- <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja yang wajar dan istirahat yang cukup - Menggunakan pelindung hidung dan mulut agar tidak menghirup serbuk beton - Adanya prosedur jumlah orang yang boleh berada di lokasi pemotongan <i>spun pile</i> - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui	✓
Tersandung atau terjatuh	- Terburu -buru - Kurang konsentrasi dan waspada - Kelelahan	- Aktivitas tidak aman	- Belum adanya prosedur mengenai jumlah orang yang boleh berada di lokasi pemotongan <i>spun pile</i> setelah pemancangan	- Kondisi ruangan yang sempit	- <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja yang wajar dan istirahat yang cukup - Adanya prosedur jumlah orang yang boleh berada di lokasi pemotongan <i>spun pile</i> - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui	✓

5.6 Pembahasan

Berdasarkan hasil dari rekapitulasi pada Tabel 5.6 hingga Tabel 5.12 mengenai Faktor Penyebab dan Tindak Pencegahan Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja pada masing-masing pekerjaan terdapat 4 faktor penyebab secara umum terjadinya kecelakaan kerja pada masing-masing alur kegiatan. Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) secara lengkap seperti *helmet*, *safety shoes*, *safety gloves* dan perlengkapan lainnya sebagaimana kondisi di lapangan diwajibkan pada setiap kondisi untuk meminimalisir dampak akibat terjadinya kecelakaan kerja. Adapun penjelasan mengenai faktor penyebab terjadinya kecelakaan kerja tersebut terhadap tindak mitigasi yang dilakukan diuraikan sebagai berikut.

5.6.1 Faktor Manusia

Berdasarkan Tabel 5.6 hingga Tabel 5.12 faktor manusia sebagai faktor penyebab kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja didapatkan sebagai berikut.

1. Tidak Waspada, Kurang Konsentrasi, Terburu-Buru, dan Kelelahan
Tidak waspada, kurang konsentrasi, terburu-buru dan kelelahan merupakan hal yang umum kadang terjadi pada setiap manusia di suatu pekerjaan sehingga tindak mitigasi yang diakibatkan oleh kondisi ini adalah dapat dilakukan *morning talk* yang dilaksanakan pada awal hari jam kerja serta mengatur jam kerja yang wajar dan istirahat yang cukup. *Morning talk* diperlukan karena kegiatan ini dapat menjadi pengingat yang selalu melekat pada diri para pekerja sehingga diharapkan dapat menurunkan resiko terjadinya kecelakaan kerja yang diakibatkan oleh faktor tidak waspada dari para pekerja. Adapun pengaturan jam kerja yang wajar dan istirahat yang cukup diperlukan agar setiap pekerja dapat bekerja sesuai dengan batas kemampuan pada umumnya dan tidak terlalu berlebih sehingga diharapkan pekerja bekerja dalam kondisi yang prima.
2. Komunikasi yang buruk
Komunikasi yang buruk dapat menimbulkan berbagai macam permasalahan pada kegiatan di proyek terkhusus pada alur kegiatan yang memerlukan koordinasi khusus pada setiap pekerja sehingga buruknya komunikasi antar pekerja dapat menimbulkan permasalahan di lapangan. Adapun tindakan

mitigasi dari faktor komunikasi yang buruk berdasarkan kondisi di lapangan adalah dengan diadakannya *morning talk* dan pengaturan jam kerja yang wajar serta istirahat yang cukup. *Morning talk* diharapkan selain menjadi pengingat yang melekat pada setiap pekerja, pekerja yang memerlukan koordinasi khusus dapat berkumpul dengan pekerja yang lain agar saling berkomunikasi terhadap rencana kerja mereka sehingga pekerja yang bersangkutan diharapkan dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja yang diakibatkan kurangnya komunikasi. Tidak diperlukannya alat komunikasi seperti *walkie-talkie* dikarenakan kondisi lapangan yang relatif kecil dan sempit sehingga tidak diperlukannya *walkie-talkie*. Pengaturan jam kerja yang wajar dan istirahat yang cukup diperlukan agar setiap pekerja dapat bekerja sesuai dengan batas kemampuan pada umumnya dan tidak terlalu berlebih sehingga diharapkan pekerja bekerja dalam kondisi yang prima sehingga tidak mengganggu komunikasi antar pekerja.

3. Sumber Daya Manusia Kurang

Tindak mitigasi dari SDM pekerja yang kurang dapat dilakukan dengan adanya pelatihan pada para pekerja atau merekrut pekerja yang sudah bersertifikat pada awal perekrutan sehingga pada beberapa pekerjaan yang memerlukan keahlian khusus dapat diminimalisir terjadinya kecelakaan kerja jika pekerja yang digunakan sudah menjalani pelatihan atau sudah memiliki sertifikat keahlian dari awal.

5.6.2 Faktor Teknis

Berdasarkan Tabel 5.6 hingga Tabel 5.12 faktor teknis sebagai faktor penyebab kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja didapatkan sebagai berikut.

1. Tidak Ada Tanda Bekas Pemancangan

Tidak adanya bekas pemancangan atau tanda bekas pemancangan yang tidak terlihat dapat menimbulkan risiko bagi pekerja yang tersandung ataupun kakinya terperosok kedalam. Tindak mitigasi dari faktor penyebab ini adalah dengan memberikan tanda berupa plastik merah yang mudah dilihat yang membungkus *spun pile* bekas pemancangan.

2. Kesalahan Dalam Pengoperasian Alat Berat

Kesalahan dalam pengoperasian alat berat dapat mengakibatkan berbagai permasalahan baik dari segi kondisi para pekerja maupun dari segi SDM dari pekerja itu sendiri. Tindak mitigasi yang diperlukan pada faktor penyebab ini adalah diperlukannya *morning talk* dan pengaturan jam kerja dan istirahat yang sesuai dengan harapan pekerja akan selalu ingat dengan pentingnya K3 dan bekerja dalam keadaan prima. Peningkatan SDM diperlukan dengan adanya pelatihan terhadap pekerja sebelumnya sehingga pekerja sudah terbiasa dengan alat yang digunakan di proyek nanti dan meminimalisir kesalahan dalam pengoperasian alat berat.

3. Lingkungan Kerja Tidak Aman atau Aktivitas Tidak Aman

Lingkungan kerja tidak aman atau aktivitas tidak aman dapat terjadi dari kelalaian atau ketidaktauan dari pekerja akan bahaya yang ada di sekitarnya. Tindak mitigasi yang diperlukan dari faktor penyebab ini adalah dengan dilakukannya *morning talk* agar para pekerja selalu teringat bahwa terdapat lingkungan kerja yang tidak aman atau aktivitas tidak aman yang dapat meningkatkan risiko terjadinya kecelakaan kerja di lapangan.

4. Taling *Sling* Dalam Kondisi Tidak Baik

Taling *sling* dalam kondisi tidak baik dapat terjadi jika tidak adanya pengecekan rutin material dan alat berat yang digunakan di proyek sehingga dampak yang akan terjadi ketika pekerjaan dilaksanakan ada kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja yang disebabkan oleh kondisi kurang baik dari alat kerja tersebut. Tindak mitigasi yang diperlukan pada faktor penyebab terjadinya kecelakaan kerja ini adalah adanya prosedur atau pengecekan rutin mengenai kondisi alat yang akan digunakan sebelum dilakukannya pekerjaan.

5. Pengikatan *Sling Crane* ke *Spun Pile* Kurang Kuat

Pengikatan *sling crane* ke *spun pile* kurang kuat dapat terjadi diakibatkan dengan SDM pekerja yang kurang atau kurangnya komunikasi antar pekerja sehingga pengikatan *sling crane* ke *spun pile* kurang kuat. Tindak mitigasi yang dilakukan pada kondisi ini adalah memastikan SDM pekerja pada pekerjaan pengikatan tersebut sudah sesuai serta adanya *morning talk* agar para pekerja selalu ingat akan pentingnya K3 dan diharapkan setiap pekerja

yang memerlukan koordinasi khusus dapat berkumpul dengan pekerja lain agar saling berkomunikasi terhadap rencana kerja mereka sehingga pekerja yang bersangkutan diharapkan dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja yang diakibatkan kurangnya komunikasi.

5.6.3 Faktor Manajemen

Berdasarkan Tabel 5.6 hingga Tabel 5.12 faktor manajemen sebagai faktor penyebab kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja didapatkan sebagai berikut.

1. Belum Adanya Prosedur Kerja

Belum adanya prosedur kerja yang jelas pada setiap pekerjaan atau setiap kegiatan di lapangan dapat menjadi pemicu terjadinya kecelakaan kerja di lapangan. Prosedur kerja diperlukan agar pekerja di lapangan menjalankan tugasnya masing-masing sesuai dengan yang diarahkan sehingga dapat meminimalisir terjadinya sesuatu hal yang tidak diinginkan. Tindak mitigasi dari faktor penyebab ini adalah dibuatnya prosedur kerja sejelas mungkin terhadap pekerja di lapangan agar pekerja mengetahui hal-hal yang perlu dilakukan dari sebelum hingga setelah pekerjaan dilakukan.

2. Belum Adanya Prosedur Batas Jarak Aman

Ketentuan mengenai batas jarak aman ketika dilakukannya suatu pekerjaan diperlukan karena pada beberapa pekerjaan tertentu memiliki risiko terjadinya kecelakaan kerja jika pekerja tidak menjaga jarak dari area pekerjaan tersebut. Tindak mitigasi dari faktor penyebab ini adalah dibuatnya prosedur atau ketentuan mengenai batas jarak aman pada suatu pekerjaan tertentu sehingga dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja di lapangan.

3. Belum Adanya Prosedur Batas Jumlah Orang di Lokasi Tertentu Pada Suatu Pekerjaan

Ketentuan mengenai prosedur batas jumlah orang di lokasi tertentu diperlukan karena pada suatu lokasi di pekerjaan tertentu memiliki kapasitas orang yang ada disana yang tidak memiliki kepentingan sehingga jika terdapat kelebihan orang disana dapat menyebabkan kurangnya area untuk bergerak sehingga hal tersebut dapat meningkatkan risiko terjadinya

kecelakaan kerja. Tindak mitigasi yang diperlukan oleh faktor penyebab ini adalah diperlukannya prosedur batas jumlah orang atau pekerja di lokasi tertentu dengan jelas sehingga aturan ini diharapkan dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja yang diakibatkan oleh banyaknya pekerja atau orang yang ada di lokasi tertentu tersebut.

4. Belum Adanya Prosedur Pengecekan Alat Kerja dan Kerapihan Barang

Prosedur pengecekan alat kerja diperlukan karena untuk mengetahui kelayakan dari suatu alat kerja sehingga dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja yang diakibatkan oleh alat kerja yang sudah tidak layak. Prosedur pengecekan kerapihan barang diperlukan juga karena barang-barang yang berserakan di lokasi kerja dapat memicu terjadinya kecelakaan kerja.

5.6.4 Faktor Lingkungan

Berdasarkan Tabel 5.6 hingga Tabel 5.12 faktor lingkungan sebagai faktor penyebab kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja didapatkan sebagai berikut.

1. Cuaca Angin Kencang

Cuaca angin kencang dapat meningkatkan risiko terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan pengangkatan *spun pile* atau pada saat HSPD menggerakkan pendorong *pile*. Adapun tindak mitigasi yang dilakukan atas faktor penyebab terjadinya kecelakaan ini adalah memastikan pekerjaan tersebut dilaksanakan pada saat kondisi angin tidak kencang.

2. Kondisi ruangan yang sempit

Tindak mitigasi pada kondisi ruangan yang sempit pada pekerjaan tertentu adalah adanya *morning talk* agar para pekerja selalu teringat bahwa terdapat lingkungan kerja yang tidak aman atau aktivitas tidak aman yang dapat meningkatkan risiko terjadinya kecelakaan kerja di lapangan. Tindak mitigasi lainnya adalah dengan membatasi jumlah orang atau pekerja yang berada di area tersebut sehingga tidak mempersempit area kerja tersebut dengan adanya pekerja lain yang tidak berkepentingan.

3. *Spun Pile* Hasil Pemancangan Menonjol Diatas Muka Tanah

Spun pile hasil pemancangan yang menonjol diatas muka tanah dapat meningkatkan risiko terjadinya kecelakaan kerja baik bagi pekerja maupun

bagi alat kerja. Tindak mitigasi yang dilakukan pada faktor penyebab terjadinya kecelakaan ini adalah memastikan prosedur pemancangan dan *cutting pile* setelah pemancangan dipotong minimal sesuai dengan elevasi muka tanah di lapangan.

4. Lubang *Spun Pile* Tidak Ditutup

Lubang *spun pile* yang tidak ditutup merupakan faktor penyebab kaki pekerja terperosok kedalam *spun pile*. Tindak mitigasi terhadap faktor penyebab terjadinya kecelakaan kerja ini adalah dengan menutup lubang *spun pile* dengan papan kayu atau dengan batu sehingga dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja.

5. Kondisi Jalan Setapak yang Cukup Kecil dan kondisi licin jika hujan

Kondisi ini berada pada area tebing di lapangan dapat meningkatkan risiko terjadinya kecelakaan kerja pada area tersebut seperti terjatuh kebawah atau tersandung dikarenakan luas tapak yang cukup kecil. Tindak mitigasi yang dilakukan pada faktor penyebab terjadinya kecelakaan kerja ini adalah dilakukannya penutupan akses dan pengawasan terhadap area tersebut.

6. Bencana atau Cuaca Alam Lainnya

Bencana atau cuaca alam lainnya merupakan suatu faktor penyebab terjadinya kecelakaan yang tidak dapat diprediksi namun dapat diminimalisir risikonya dengan dilakukannya tindakan pencegahan seperti dilakukannya perbaikan tanah atau diberikannya dinding penahan tanah pada area tebing sehingga ketika adanya bencana alam atau cuaca ekstrem lainnya tanah pada area tebing tidak terjadi longsor.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

6.1.1 Visualisasi Model BIM Konstruksi Lapangan Pada Setiap Alur Kerja

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat 7 alur kegiatan yang dilakukan visualisasi model BIM. Adapun alur kerja yang telah dibuat visualisasi model BIM adalah sebagai berikut.

1. Pekerjaan *marking*
2. Pekerjaan pengelasan
3. Pengambilan tanah merah dan pengeboran
4. Rotasi alat
5. Pengangkatan *spun pile*
6. Pemancangan *spun pile*
7. Pemotongan *spun pile*

Adapun keseluruhan video visualisasi model BIM pada masing-masing alur kegiatan pada pekerjaan tersebut dapat diakses melalui *link* berikut.

bit.ly/PemodelanTugasAkhirETA

atau dapat memindai kode QR yang ada pada Gambar 5.8 sebelumnya.

6.1.2 Potensi Kecelakaan Kerja Berdasarkan Visualisasi BIM

Berdasarkan visualisasi BIM yang sudah dibuat didapatkan beberapa potensi kecelakaan kerja berdasarkan kegiatan kerja dan *level respon* adalah sebagai berikut.

1. Risiko Rendah (*Low Risk*) 5 mode kejadian
Mode kejadian yang termasuk dalam kategori risiko rendah (*low risk*) adalah sebagai berikut.
 - a. Tersandung *spun pile* atau terjatuh di lapangan (*remote, minor*)
 - b. Barang terjatuh atau rusak dari HSPD (*remote, minor*)
 - c. Pekerja terjatuh akibat gerakan HSPD atau getarannya (*extremely improbable, moderate*) pada kegiatan rotasi alat

- d. *Spun pile* terbentur dengan HSPD (*extremely improbable, moderate*)
- e. Pendorong *pile* terbentur dengan HSPD (*extremely improbable, moderate*)
- 2. Risiko Sedang (*Moderate Risk*) 12 mode kejadian
 - a. Kaki terperosok ke dalam *spun pile* (*reasonable probable, moderate*)
 - b. Tertabrak alat berat (*extremely improbable, catastrophic*)
 - c. Terjatuh dari dataran tinggi (*extremely remote, serious*)
 - d. Tertimbun tanah longsor (*extremely improbable, catastrophic*)
 - e. Terjadi konsleting hingga kebakaran atau ledakan (*extremely improbable, catastrophic*)
 - f. Pekerja terjatuh dari HSPD atau kepala terbentur sesuatu (*extremely remote, serious*)
 - g. Pekerja tertabrak alat berat atau terkena lengan excavator (*extremely improbable, catastrophic*)
 - h. Pekerja terkena lengan alat berat *bore* akibat swing lengan (*extremely remote, catastrophic*)
 - i. Tersandung spun pile (*reasonable probable, minor*)
 - j. Tersandung spun pile (*reasonable probable, minor*) pada kegiatan rotasi alat
 - k. Pekerja atau alat berat tertimpa *spun pile* atau pendorong *pile* (*extremely improbable, catastrophic*)
 - l. Spun pile atau pendorong *pile* terlepas dari tali sling dan pecah (*extremely improbable, catastrophic*)
- 3. Risiko Tinggi (*High Risk*) 4 mode kejadian pada kegiatan pemotongan *spun pile*
 - a. Kepala terbentur HSPD (*reasonable probable, serious*)
 - b. Terkena pile cutter (*reasonable probable, catastrophic*)
 - c. Serbuk beton terhirup (*reasonable probable, serious*)
 - d. Tersandung dan terjatuh (*reasonable probable, moderate*)

6.1.3 Tindakan Mitigasi

- 1. Faktor Manusia Sebagai Faktor Penyebab Terjadinya Kecelakaan Kerja
 - a. *Morning talk*

- b. Pengaturan jam kerja yang wajar dan istirahat yang cukup
 - c. Peningkatan SDM kerja bagi para pekerja atau sertifikasi keahlian bagi para pekerja
- 2. Faktor Teknis Sebagai Faktor Penyebab Terjadinya Kecelakaan Kerja
 - a. Memberikan tanda berupa plastik merah yang mudah dilihat yang membungkus *spun pile* bekas pemancangan.
 - b. *Morning talk*, pengaturan jam kerja dan istirahat yang cukup, dan peningkatan SDM pekerja
 - c. Perlu adanya pengecekan kondisi alat sebelum digunakan
- 3. Faktor Manajemen Sebagai Faktor Penyebab Terjadinya Kecelakaan Kerja
 - a. Perlu adanya prosedur alur kerja
 - b. Perlu adanya prosedur mengenai batas jarak aman di lokasi
 - c. Perlu adanya prosedur mengenai jumlah orang yang ada di lokasi pekerjaan
 - d. Perlu adanya prosedur mengenai pengecekan alat kerja dan kerapihan barang
- 4. Faktor Lingkungan Sebagai Faktor Penyebab Terjadinya Kecelakaan Kerja
 - a. Memastikan pekerjaan dilaksanakan pada kondisi yang aman dari cuaca ekstrem
 - b. Membatasi jumlah pekerja yang berada di area sempit
 - c. Memastikan prosedur pemancangan dan *cutting pile* setelah pemancangan dipotong minimal sesuai dengan elevasi muka tanah di lapangan.
 - d. Menutup lubang spun pile dengan papan kayu atau dengan batu.
 - e. Dilakukannya penutupan akses dan pengawasan terhadap area tidak aman
 - f. Diberikannya dinding penahan tanah pada area tebing atau perbaikan tanah pada area tebing.

6.2 Saran

Berdasarkan apa yang telah dipaparkan pada penelitian ini, terdapat beberapa beberapa saran sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan tinjauan pekerjaan struktur atas atau jenis pekerjaan lainnya
2. Penelitian selanjutnya dapat melakukan analisis dengan aplikasi lain atau dengan aplikasi pemodelan yang lebih baik dan *real* dalam memvisualisasikan keadaan proyek agar mendapatkan hasil yang lebih baik.
3. Teknik ETA tidak dapat mengidentifikasi semua peristiwa risiko awal sehingga perlu adanya kombinasi metode lain yang memungkinkan agar meminimalisir potensi kehilangan beberapa peristiwa risiko awal yang penting.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahyar, H. et al. 2020. *Buku Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif*, 1st ed. CV. Pustaka Ilmu Group Yogyakarta. Yogyakarta
- Alijoyo, A. et al. 2022. *Event Tree Analysis Analisis Pohon Kejadian*. CRMS Membangun Indonesia dengan GRC. Bandung.
- Anjani, A. et al. 2022. Penerapan Building Information Modeling (BIM) Menggunakan Software Autodesk Revit Pada Gedung 4 Rumah Sakit Pendidikan Perguruan Tinggi Negeri (RSPTN) Universitas Lampung, *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*. Vol. X No.1:087-098. Lampung.
- Aswar, E. et al. 2016. Faktor-Faktor yang Berhubungan Dengan Kecelakaan Kerja Pada Pekerja Bengkel Mobil Kota Kendari Tahun 2016, *Journal of Occupational Safety and Health*. Vol. I No. 3:1–10. Kendari.
- Bennet N.B, S. dan Rumondang, S. 1995. *Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*, 3rd. PT. Pustaka Binaman Pressindo. Jakarta.
- British Standards Institution (BSI). 2018. *Risk management — Guidelines*, 2nd ed. BS ISO 31000:2018. United Kingdom.
- Canadian Center for Occupational Health and Safety (CCOHS). 2020. *Hazard and Risk*. Ontario.
- Drozd, W. dan Kowalik, M. 2019. Use of BIM Tools for Organization of the Construction Site in the Aspect of Work Safety. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 471:112041. Polandia.
- Ervianto, W.I. 2005. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Revisi. Andi Yogyakarta. Yogyakarta.
- Filbert. et al. 2013. Evaluasi Sistem Manajemen K3 Terhadap Metode Pemancangan Jack-in Pile, *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, Vol. 2 No. 2:1-8. Surabaya.
- Hajar, A., Anindita, G. dan Ashari, M.L. 2018. Analisis Risiko Kebakaran Dengan Metode ETA (Event Tree Analysis) Pada Tangki Timbun Premium (T-51), *2st conference on safety engineering*. Vol. 2 No. 1: 735-738. Surabaya.
- Hasibuan, A. et al. 2020. *Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. 1st ed. J.

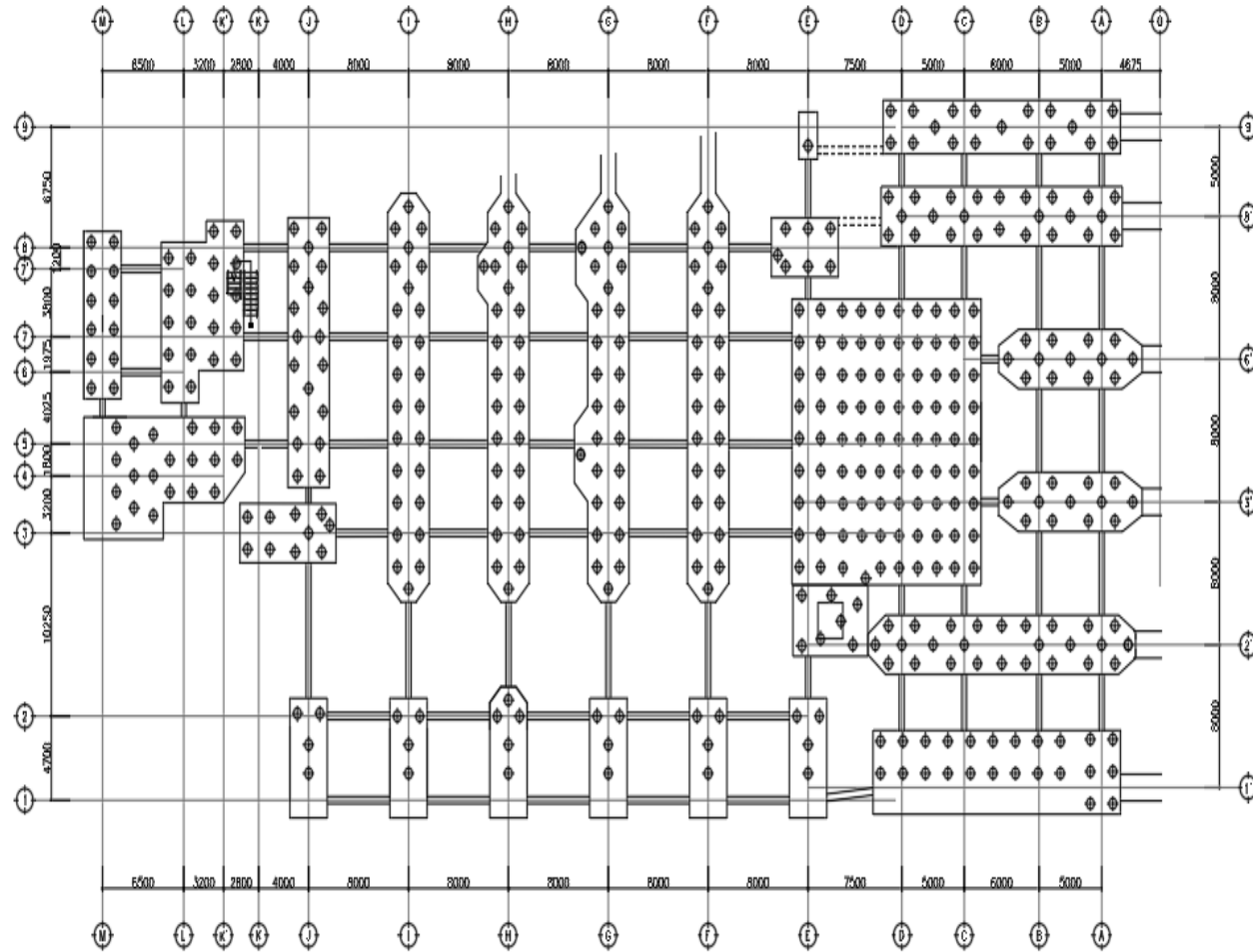
- Simarmata. Yayasan Kita Menulis. Medan.
- Heinrich, H.W., Peterson, D. and Roos, N. (1980) *Industrial Accident Prevention*. 5th Edition, McGraw Hill, New York.
- Husni, L. 2003. *Pengantar Hukum Ketenagakerjaan Indonesia*. Raja Grafindo Perkasa. Jakarta.
- Jawat, I.W. 2016. Metode Pelaksanaan Pekerjaan Tiang Pancang Sistem Hidraulic Jack in (Studi : Proyek Kcu Bca Sunset Road Bali), *Paduraksa*. Vol. 5 No. 1:43-52. Bali.
- Juanizar, A.R. et al. 2022. Analisis Probabilitas Kegagalan Bendungan Pacal Menggunakan Metode Event Tree Analysis, *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*. Vol. 6 No. 2:117-130. Semarang.
- Kuroshi, L., Kitada, M., and Olcer, A.I. 2018. A Tripartite Approach to Operator-Error Evaluation in Ballast Water Management System Operation. *International Journal of Industrial Ergonomic*. No. 173-183. Sweden.
- Mordue, S. 2022. *Opportunities And Threats: Definition on BIM*. (https://www.acecae.eu/fileadmin/New_Upload/3._Area_2_Practice/BIM/Other_Docs/1_S.Mordue_Definition_of_BIM_01.pdf. Diakses 03 Juni 2023).
- Nurdiani, N. 2013. Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang: Cara Pemancangan, Kendala dan Teknologi Terbaru. Vol. 4 No. 2:776-784. Jakarta.
- Pangkey, F., et al. 2012. Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (Smk3) Pada Proyek Konstruksi Di Indonesia (Studi Kasus: Pembangunan Jembatan Dr. Ir. Soekarno-Manado). *Jurnal Ilmiah Media Engineering*. Vol. 2 No. 2:100-113. Manado.
- Pemerintah Indonesia. 1996. *Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor : Per. 05/Men/1996 Tentang Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja*. Kementerian Tenaga Kerja. Jakarta.
- Pemerintah Indonesia. 1998. *Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor: 03/Men/1998 Tentang Tata Cara Pelaporan Dan Pemeriksaan Kecelakaan*. Kementerian Tenaga Kerja. Jakarta.
- Pemerintah Indonesia. 2010. *Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia No PER.08/MEN/VII/2010 Tentang Alat Pelindung Diri*. Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi. Jakarta.

- Putera, I.G.A.A. 2022. Manfaat BIM dalam Konstruksi Gedung: Suatu Kajian Pustaka, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil · A Scientific Journal Of Civil Engineering*. Vol. 26 No. 1: 43-52. Bali.
- Ramdani, S.P. 2023. Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan Bored Pile Proyek Konstruksi Jalan Dengan Metode Construction Safety Analysis. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Rani, H.A. 2016. *Manajemen Proyek Konstruksi*, 1st ed. Deepublish. Yogyakarta.
- Rizaludin. et al. 2020. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Gedung Pasca Sarjana Fakultas Teknik Universitas Kadiri, *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*. Vol. 3 No. 1:55-64. Kediri.
- Romas, A.N. et al. 2022. *Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja*, 1st ed. PT. Global Eksekutif Teknologi. Padang.
- Safi'i, I. 2018. Studi Keterlambatan Proyek Pada Pembangunan Jacket Dengan Metode Checklist Analysis Dan Event Tree Analysis Berbasis Resiko. *Tugas Akhir*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Soentoro, E.A. et al. 2013. Study on Dam Risk Assessment as a Decision-Making Tool to Assist Prioritizing Maintenance of Embankment Dam in Indonesia, *The Second Interbational Conference on Suistanable Infrastructure and Built Environment - Bandung 19-20 November 2013*. Bandung.
- Suma'mur. 2009. *Keselamatan Kerja dan Pencegahan Kecelakaan Kerja*, CV Haji Masaagung. CV. Haji Masaagung. Jakarta.
- Surokim et al. 2016. *Riset Komunikasi :Strategi Praktis Bagi Peneliti Pemula*, 1st ed. Pusat Kajian Komunikasi Publik Prodi Ilmu Komunikasi FISIB-UTM & Aspikom Jawa Timur. Madura.
- Tim K3 FT UNY. 2014. *Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3)*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Toan, N.Q. et al. 2021. 3D-BIM and 4D-BIM Models in Construction Safety Management. *E3S Web of Conferences*. Vol. 263. No.02005:1-10.Vietnam.
- Yudha, F.M. 2013. Analisis Faktor-Faktor Penentu Keberhasilan Pengendalian Waktu Pada Proyek Konstruksi.*Tugas Akhir*. Universitas Atma Jaya. Yogyakarta.
- Zafirovski, Z. et al. 2021. Methodology For Tunnel Risk Assessment Using Fault

and Event Tree Analysis. *6th International Conference on Road and Rail Infrastructure*. 335 - 340. Zagreb. Croatia.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Denah Pemancangan Rencana



Lampiran 2 Potongan Tampak Samping DED Proyek Pembangunan Arjuna



Lampiran 3 Kondisi Lapangan Proyek Tampak Atas



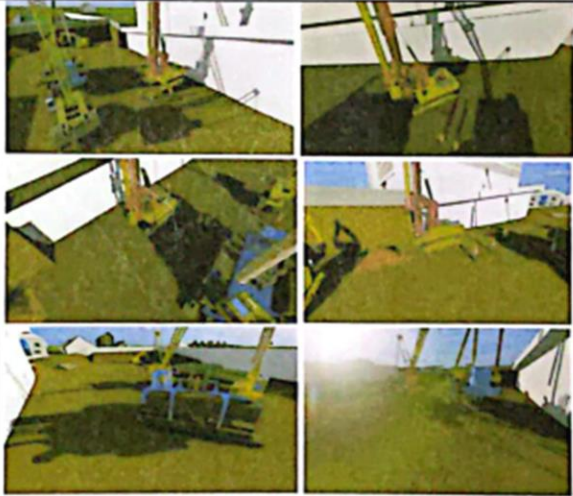
Lampiran 4 Tabel Survei Lapangan Alur Kegiatan Pemancangan

TABEL SURVEI LAPANGAN ALUR KEGIATAN PEKERJAAN PEMANCANGAN					
Proyek :		Arjuna - Bima Tower			
Lokasi :		Jl. Tentara Pelajar KM.07, Sleman, DIY			
Pemilik :		PT. Saraswanti Indoland Development Tbk.			
No	Kegiatan	Keterangan	PIC	Alat Berat	Jumlah Pekerja
1	Marking	Penentuan titik lokasi pemancangan oleh surveyor	Surveyor	-	2
2	Pengambilan Tanah Merah	Sebelum dilakukannya pengeboran, excavator mengambil tanah merah untuk meningkatkan daya ikat antar partikel dikarenakan kondisi tanah lapangan adalah pasir lepas	Operator	Excavator	2
3	Pengeboran	Dilakukannya pengeboran menggunakan <i>rotary drilling machine bore pile</i> hingga kedalaman tertentu (secara umum hingga 16-18 meter sesuai perencanaan). Pada saat pengeboran berlangsung, dilakukannya penyiraman terhadap lubang bor dengan tanah merah agar pengambilan tanah hasil pengeboran mudah	Operator dan Pekerja	<i>Rotary drilling machine bore pile & excavator</i>	4
4	Rotasi Alat	Setelah selesai dilakukannya pengeboran, maka pergantian posisi (rotasi) yang mana HSPD bergerak menuju titik lokasi yang akan dipancang	Operator dan Pekerja	<i>Hydraulic Static Pile Driver (HSPD)</i>	2
5	Pengangkatan Pile	Pengangkatan tiang pancang menggunakan <i>mobile crane</i> ke dalam lubang pengikat pada HSPD (<i>grip</i>). Hal ini dilakukan sebanyak dua kali (sambungan)	Operator dan pekerja	<i>Mobile crane dan HSPD</i>	3
6	Pengelasan Sambungan	Pengelasan sambungan dilakukan pada pile kedua	Operator dan pekerja	<i>Mobile crane dan HSPD</i>	2
7	Pemancangan	Setelah sambungan dipasang, maka tiang mulai ditekan secara perlahan oleh mesin hidrolik hingga kedalaman tertentu dengan kekuatan beban tertentu	Operator dan Pekerja	HSPD	3
8	Pemotongan Pile	Jika kedalaman pemancangan yang dilakukan kurang dari yang direncanakan sehingga terdapat <i>pile</i> sisa, maka dilakukan pemotongan <i>pile</i> hingga berada pada <i>cutting level</i>	Pekerja	-	2


Anin Utoyo
 Manajemen Konstruksi (MK)


Achmad Fachriza Fauzi Pratama
 Peneliti

Lampiran 5 Tabel Verifikasi Pemodelan Lapangan Bagian 1

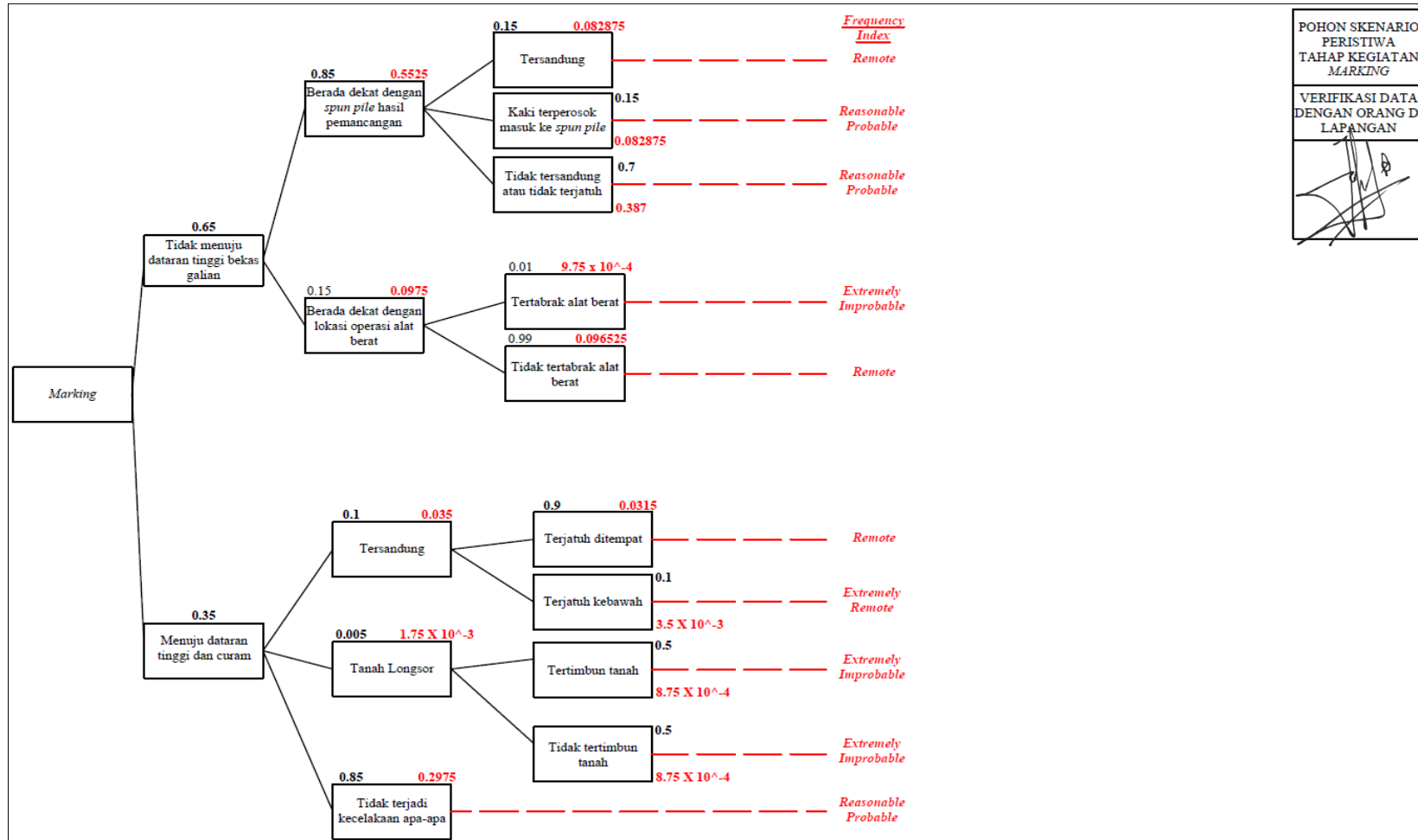
Tabel Verifikasi Pemodelan Lapangan		
Proyek : Arjuna – Bima Tower Lokasi : Jl. Tentara Pelajar KM. 07, Sleman, DIY Pemilik : PT. Saraswanti Indoland Development Tbk.		
Judul Video	Scene Video	Tanda Tangan
Marking, Pengelasan, dan Pengeboran		 KASTURI SURVEY
Rotasi Alat		 KASTURI SURVEY

Lampiran 6 Tabel Verifikasi Pemodelan Lapangan Bagian 2

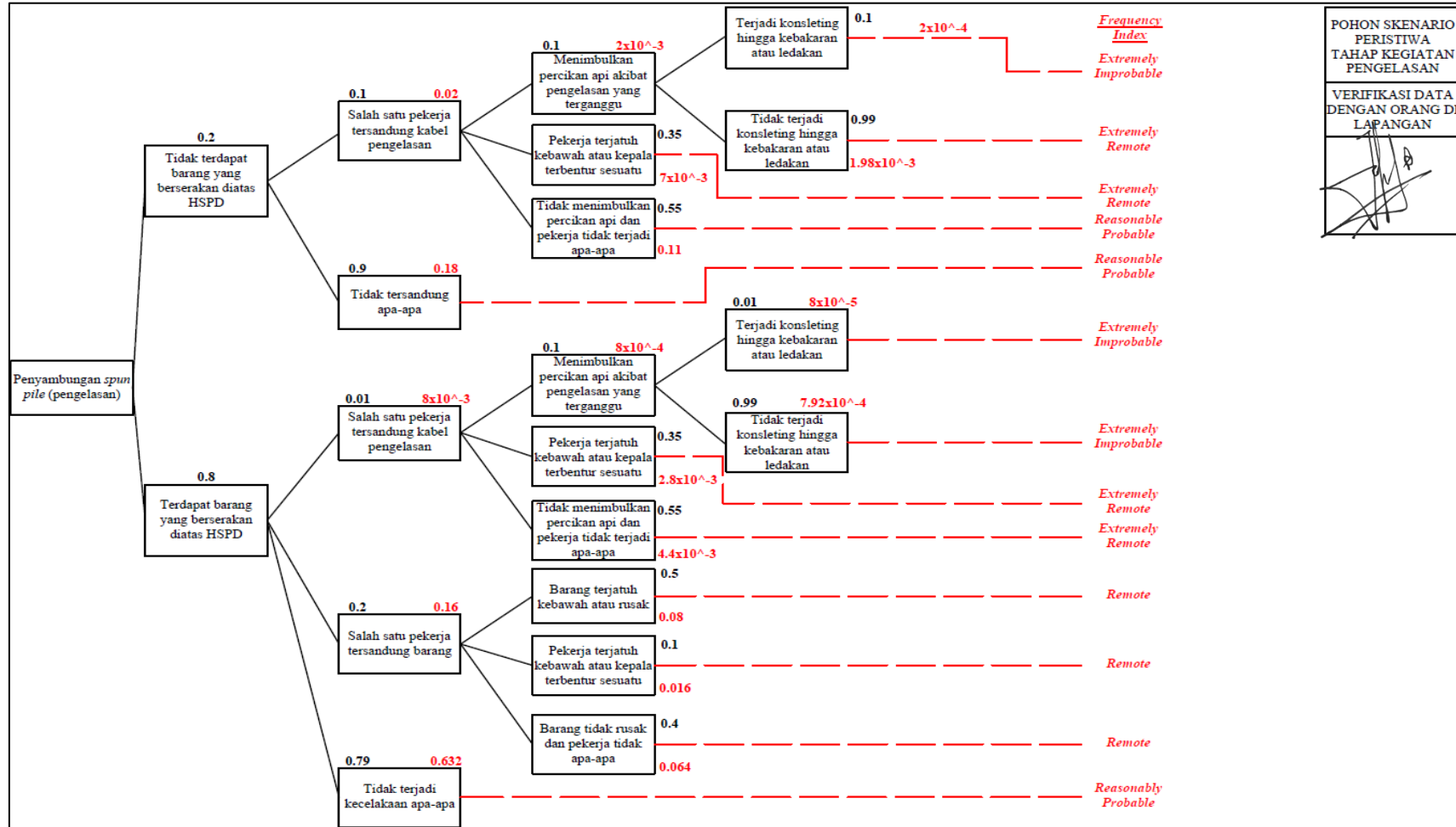
Tabel Verifikasi Pemodelan Lapangan

Judul Video	Scene Video	Tanda Tangan
Pengangkatan Pile		 KASTURI SURVEY
Pemancangan		 KASTURI SURVEY
Pemotongan Spun Pile		 KASTURI SURVEY

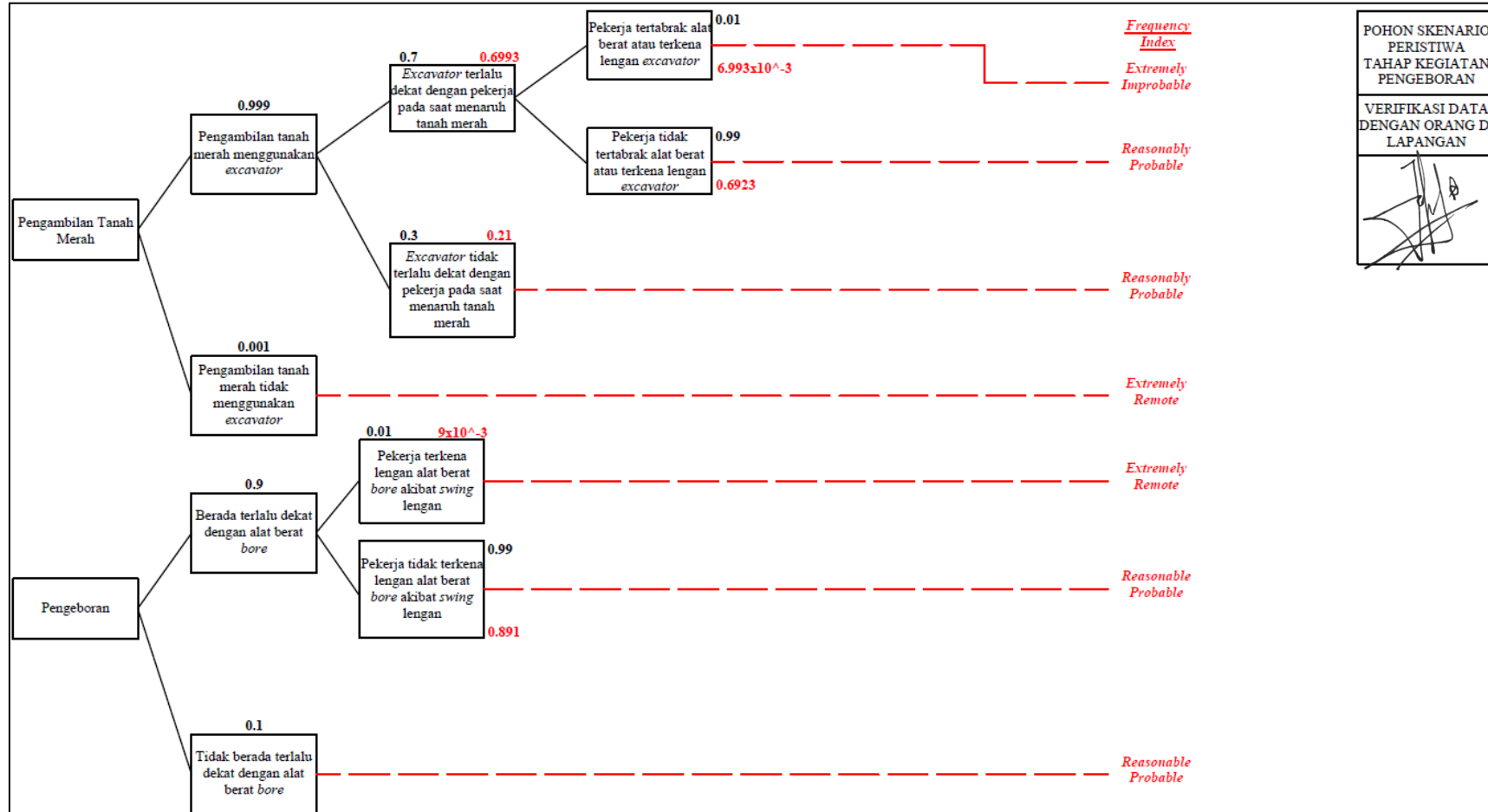
Lampiran 7 Verifikasi Nilai Probabilitas Kepada Orang Berpengalaman di Lapangan Pada Kegiatan *Marking*



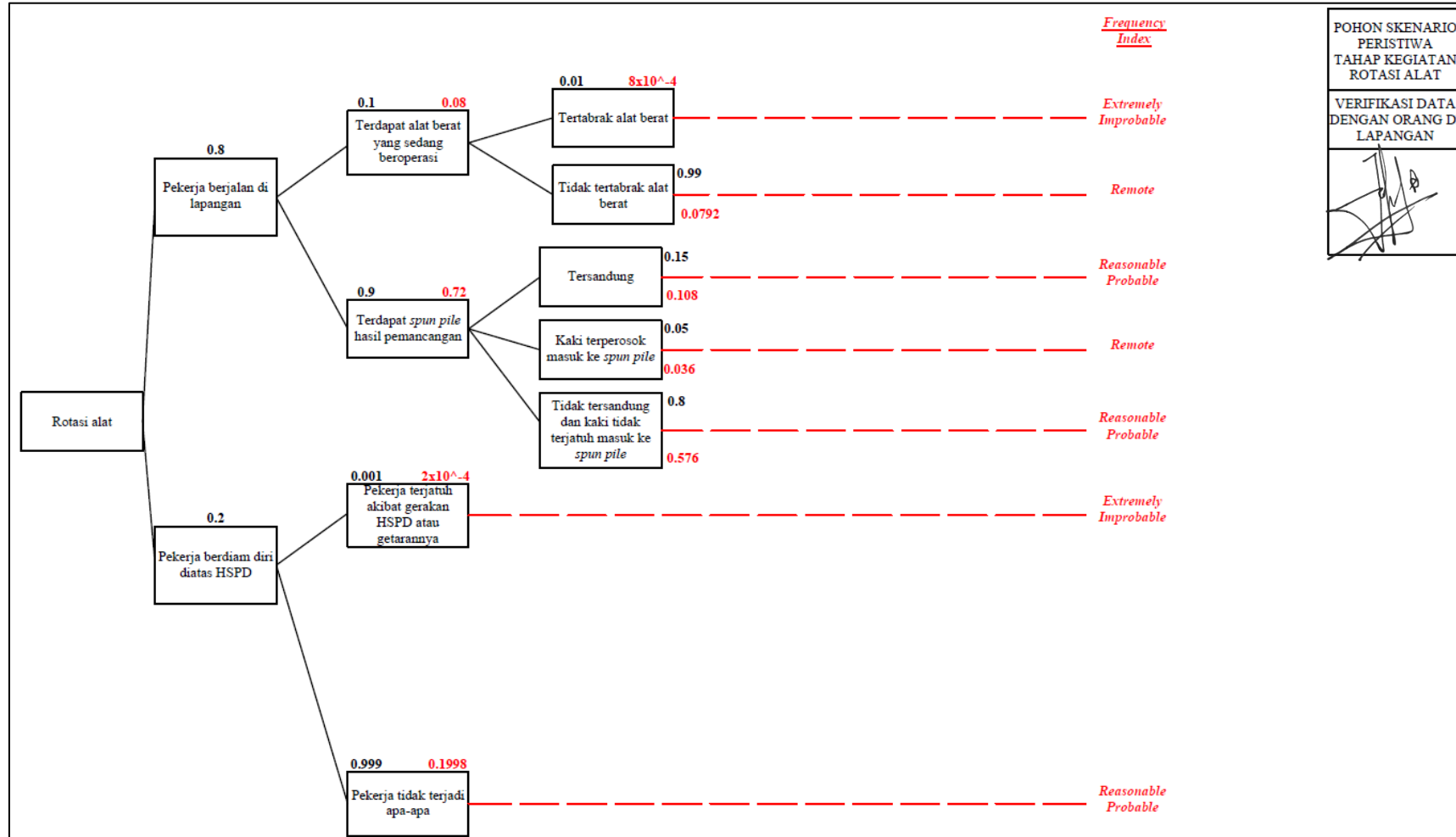
Lampiran 8 Verifikasi Nilai Probabilitas Kepada Orang Berpengalaman di Lapangan Pada Kegiatan Pengelasan



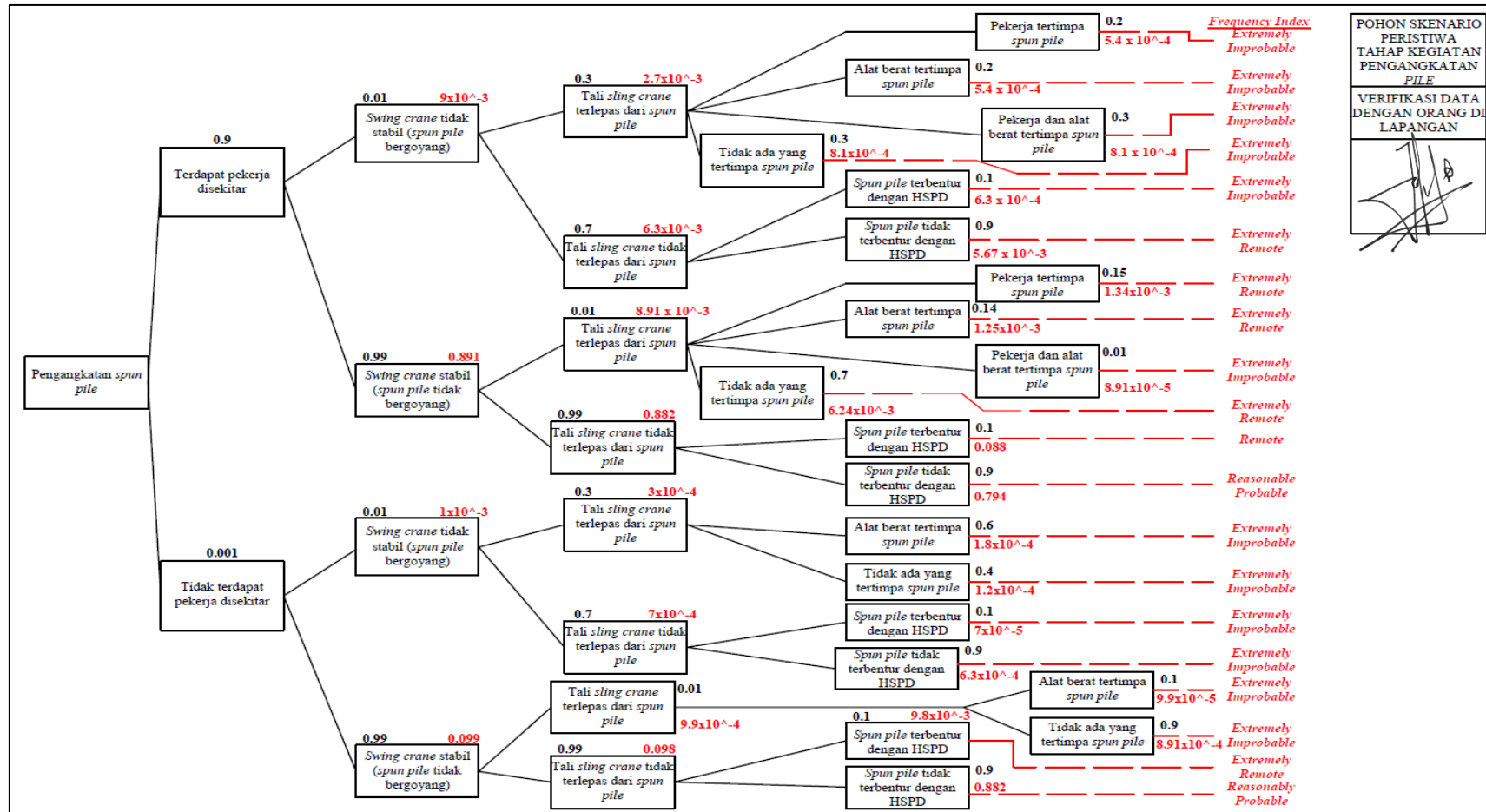
Lampiran 9 Verifikasi Nilai Probabilitas Kepada Orang Berpengalaman di Lapangan Pada Kegiatan Pengeboran



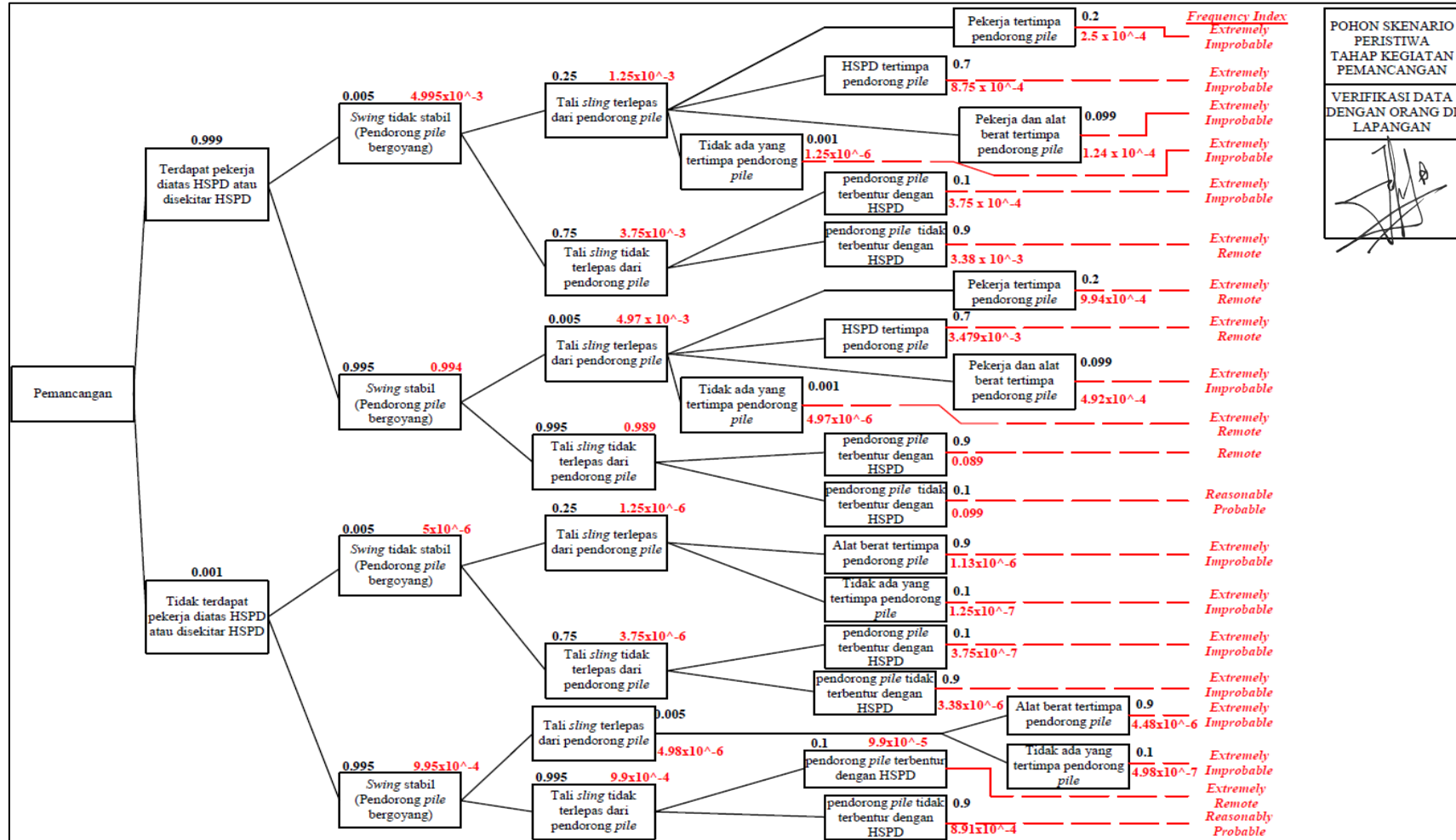
Lampiran 10 Verifikasi Nilai Probabilitas Kepada Orang Berpengalaman di Lapangan Pada Kegiatan Rotasi Alat



Lampiran 11 Verifikasi Nilai Probabilitas Kepada Orang Berpengalaman di Lapangan Pada Kegiatan Pengangkatan *Spun Pile*

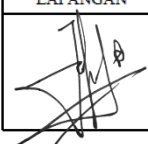


Lampiran 12 Verifikasi Nilai Probabilitas Kepada Orang Berpengalaman di Lapangan Pada Kegiatan Pemancangan



POHON SKENARIO
PERISTIWA
TAHAP KEGIATAN
PEMANCANGAN

VERIFIKASI DATA
DENGAN ORANG DI
LAPANGAN



Lampiran 13 Verifikasi Nilai Probabilitas Kepada Orang Berpengalaman di Lapangan Pada Kegiatan Pemotongan *Spun Pile*

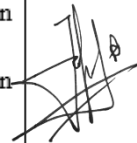


POHON SKENARIO PERISTIWA TAHAP KEGIATAN PEMOTONGAN PILE
VERIFIKASI DATA DENGAN ORANG DI LAPANGAN

Lampiran 14 Verifikasi Nilai Dampak Terjadinya Kecelakaan Kepada Orang Berpengalaman di Lapangan

Narasumber : Anin Utoyo Posisi/Jabatan/Pekerjaan : Manajemen Konstruksi						
Kegiatan	Mode Kejadian	Severity Index Terhadap Pekerja, Material, Maupun Non Material				Catatan
		Minor	Moderate	Serious	Catastrophic	
Marking	- Tersandung <i>spun pile</i>	✓				
	- Kaki terperosok masuk ke dalam <i>spun pile</i>		✓			
	- Tertabrak alat berat				✓	
	- Terjatuh dari dataran tinggi		✓			
	- Tertimbun tanah longsor			✓		
Penyambungan <i>Spun Pile</i> (Pengelasan)	- Terjadi konsleting hingga kebakaran atau ledakan		✓			
	- Pekerja terjatuh dari HSPD atau kepala terbentur sesuatu		✓			
	- Barang terjatuh kebawah atau rusak			✓		
Pengeboran	- Pekerja tertabrak alat berat atau terkena lengan <i>excavator</i>				✓	
	- Pekerja terkena lengan alat berat <i>bore</i> akibat <i>swing</i> lengan alat berat				✓	
Rotasi Alat	- Tertabrak alat berat				✓	
	- Tersandung	✓				
	- Kaki terperosok masuk ke dalam <i>spun pile</i>		✓			
	- Pekerja terjatuh akibat gerakan HSPD atau akibat getarannya			✓		
Pengangkatan <i>spun pile</i>	- Pekerja tertimpa <i>spun pile</i>				✓	
	- Alat berat tertimpa <i>spun pile</i>				✓	
	- Pekerja dan alat berat tertimpa <i>spun pile</i>				✓	
	- <i>Spun pile</i> terbentur dengan HSPD		✓			
Pemancangan	- Pekerja tertimpa pendorong <i>pile</i>				✓	
	- Alat berat tertimpa pendorong <i>pile</i>				✓	
	- Pekerja dan alat berat tertimpa pendorong <i>pile</i>				✓	
	- Pendorong <i>pile</i> terbentur dengan HSPD		✓			
Pemotongan <i>Spun Pile</i>	- Kepala terbentur HSPD			✓		Amf
	- Terkena <i>pile cutter</i>				✓	
	- Serbuk beton terhirup			✓		
	- Tersandung atau terjatuh	✓				

Lampiran 15 Verifikasi Faktor Penyebab dan Tindak Mitigasi Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan *Marking*
Bagian 1

Marking						
Mode Kejadian	Faktor Penyebab				Tindak Mitigasi	Relevan
	Manusia	Teknis	Manajemen	Lingkungan		
Tersandung <i>spun pile</i> atau terjatuh di tempat	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak waspada - Kurang konsentrasi - Kelelahan 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak ada tanda bekas pemancangan 	<ul style="list-style-type: none"> - Perlu adanya prosedur pasca dilakukannya pemancangan 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Spun pile</i> hasil pemancangan menonjol diatas muka tanah - Lubang <i>spun pile</i> tidak ditutup 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja yang wajar dan istirahat yang cukup - Memberikan tanda bekas lokasi pemancangan seperti plastik merah yang mudah terlihat - Pemancangan atau pemotongan <i>spun pile</i> dilakukan hingga berada pada elevasi muka tanah - Penutupan lubang <i>spun pile</i> hasil pemancangan dengan menggunakan batu atau sebagainya - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui 	
Kaki terperosok masuk ke dalam <i>spun pile</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak waspada - Kurang konsentrasi - Kelelahan 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak ada tanda bekas pemancangan 	<ul style="list-style-type: none"> - Perlu adanya prosedur pasca dilakukannya pemancangan 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Spun pile</i> hasil pemancangan menonjol diatas muka tanah - Lubang <i>spun pile</i> tidak ditutup 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja yang wajar dan istirahat yang cukup - Memberikan tanda bekas lokasi pemancangan seperti plastik merah yang mudah terlihat - Pemancangan atau pemotongan <i>spun pile</i> dilakukan hingga berada pada elevasi muka tanah - Penutupan lubang <i>spun pile</i> hasil pemancangan dengan menggunakan batu atau sebagainya - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui 	

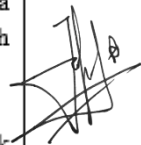
Lampiran 16 Verifikasi Faktor Penyebab dan Tindak Mitigasi Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan *Marking*
Bagian 2

Marking						
Mode Kejadian	Faktor Penyebab				Tindak Mitigasi	Relevan
	Manusia	Teknis	Manajemen	Lingkungan		
Tertabrak alat berat	- Tidak waspada - Kurang konsentrasi - Kelelahan	- Kesalahan dalam pengoperasian alat berat (lalai)	- Belum adanya prosedur yang jelas dalam mengambil jalur yang terdapat titik konflik dengan jalur alat berat	- Terdapat alat berat yang sedang beroperasi	- <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Adanya prosedur yang jelas untuk pengambilan titik rencana dan alur jalan dengan memperhatikan keadaan sekitar dan tidak melewati jalur alat berat - Perbaikan komunikasi - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui	
Terjatuh ke bawah dari ketinggian tebing	- Tidak waspada - Kurang konsentrasi - Kelelahan	- Lingkungan kerja yang tidak aman	- Terdapat akses terhadap kondisi tidak aman - Kurangnya pengawasan terhadap pekerja (dibawah tebing)	- Kondisi jalan setapak yang cukup kecil - Kondisi licin jika hujan	- <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Melakukan penutupan akses dan pengawasan terhadap area yang tidak aman - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui	
Tertimbun tanah longsor	- Tidak waspada - Kurang konsentrasi	- Lingkungan kerja yang tidak aman	- Terdapat akses terhadap kondisi tidak aman - Kurangnya pengawasan terhadap pekerja yang berada di area tidak aman (dibawah tebing)	- Kondisi jalan setapak yang cukup kecil - Bencana atau cuaca alam	- <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Melakukan penutupan akses dan pengawasan terhadap area tidak aman - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui - Melakukan perbaikan tanah terhadap tebing yang berpotensi longsor	

Lampiran 17 Verifikasi Faktor Penyebab dan Tindak Mitigasi Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Pengelasan

Penyambungan Spun Pile (Pengelasan)						
Mode Kejadian	Faktor Penyebab				Tindak Mitigasi	Relevan
	Manusia	Teknis	Manajemen	Lingkungan		
Terjadi konsleting hingga kebakaran atau ledakan	- Tidak waspada - Kurang konsentrasi - Kelelahan	- Kesalahan dalam pengoperasian alat	- Tidak adanya prosedur pengecekan terhadap alat kerja dan kerapihan barang	- Berserakannya alat kerja di area kerja	- <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Perlu adanya prosedur pengecekan alat kerja dan kerapihan alat kerja di lapangan - Pelatihan keselamatan kerja - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui	
Pekerja terjatuh dari HSPD atau kepala terbentur sesuatu	- Tidak waspada - Kurang konsentrasi - Kelelahan	- Lantai licin - Permukaan tidak rata -	- Tidak adanya prosedur pengecekan dan kerapihan terhadap alat kerja dan kerapihan barang	- Berserakannya alat kerja di area kerja - Kondisi hujan (basah)	- <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Perlu adanya prosedur pengecekan alat kerja dan kerapihan alat kerja di lapangan - Perlu adanya alas kaki anti licin - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui	
Barang atau alat kerja terjatuh kebawah HSPD	- Tidak waspada - Kurang konsentrasi	- Menaruh barang di sembarang tempat	- Tidak adanya prosedur pengecekan dan kerapihan terhadap alat kerja dan kerapihan barang	- Berserakannya alat kerja di area kerja	- <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Perlu adanya prosedur pengecekan alat kerja dan kerapihan alat kerja di lapangan - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui	

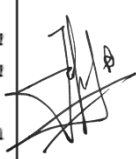
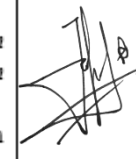
Lampiran 18 Verifikasi Faktor Penyebab dan Tindak Mitigasi Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Pengambilan Tanah Merah dan Pengeboran

Pengambilan Tanah Merah dan Pengeboran						
Mode Kejadian	Faktor Penyebab				Tindak Mitigasi	Relevan
	Manusia	Teknis	Manajemen	Lingkungan		
Pekerja tertabrak alat berat atau terkena lengan <i>excavator</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak waspada - Kurang konsentrasi - Kelelahan 	<ul style="list-style-type: none"> - Kesalahan dalam pengoperasian alat berat (lalai) 	<ul style="list-style-type: none"> - Belum adanya prosedur yang jelas mengenai jarak aman antara pekerja dengan <i>excavator</i> ketika menaruh tanah merah 	<ul style="list-style-type: none"> - Terdapat alat berat yang sedang beroperasi 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Adanya prosedur yang jelas jarak aman antara <i>excavator</i> dengan pekerja pada saat menaruh tanah merah - Perbaiki komunikasi - Perlu adanya pelatihan atau sertifikat operator untuk peningkatan SDM pekerja - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui 	
Pekerja tertabrak alat berat atau terkena lengan <i>bore</i> akibat <i>swing</i> lengan	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak waspada - Kurang konsentrasi - Kelelahan 	<ul style="list-style-type: none"> - Kesalahan dalam pengoperasian alat berat (lalai) 	<ul style="list-style-type: none"> - Belum adanya prosedur yang jelas mengenai jarak aman antara pekerja dengan alat berat <i>bore</i> ketika pengeboran 	<ul style="list-style-type: none"> - Terdapat alat berat yang sedang beroperasi 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Adanya prosedur yang jelas jarak aman antara alat berat <i>bore</i> dengan pekerja pada saat pengeboran - Perbaiki komunikasi - Perlu adanya pelatihan atau sertifikat operator untuk peningkatan SDM pekerja - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui 	

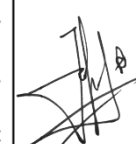
Lampiran 19 Verifikasi Faktor Penyebab dan Tindak Mitigasi Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Rotasi Alat

Mode Kejadian	Faktor Penyebab				Tindak Mitigasi	Relevan
	Manusia	Teknis	Manajemen	Lingkungan		
Tertabrak alat berat	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak waspada - Kurang konsentrasi - Kelelahan 	<ul style="list-style-type: none"> - Kesalahan dalam pengoperasian alat berat (lalai) 	<ul style="list-style-type: none"> - Belum adanya prosedur yang jelas dalam mengambil jalur yang terdapat titik konflik dengan jalur alat berat 	<ul style="list-style-type: none"> - Terdapat alat berat yang sedang beroperasi 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Adanya prosedur yang jelas untuk pengambilan titik rencana dan alur jalan dengan memperhatikan keadaan sekitar dan tidak melewati jalur alat berat - Perbaikan komunikasi - Perlu adanya pelatihan atau sertifikat operator untuk peningkatan SDM pekerja - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui 	
Tersandung <i>spun pile</i> atau terjatuh di tempat	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak waspada - Kurang konsentrasi - Kelelahan 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak ada tanda bekas pemancangan 	<ul style="list-style-type: none"> - Perlu adanya prosedur pasca dilakukannya pemancangan 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Spun pile</i> hasil pemancangan menonjol diatas muka tanah - Lubang <i>spun pile</i> tidak ditutup 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja yang wajar dan istirahat yang cukup - Memberikan tanda bekas lokasi pemancangan seperti plastik merah yang mudah terlihat - Pemancangan atau pemotongan <i>spun pile</i> dilakukan hingga berada pada elevasi muka tanah - Penutupan lubang <i>spun pile</i> hasil pemancangan dengan menggunakan batu atau sebagainya - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui 	

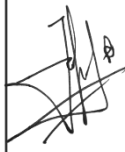
Lampiran 20 Verifikasi Faktor Penyebab dan Tindak Mitigasi Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Pengangkatan *spun pile*

Pengangkatan <i>Spun Pile</i>						
Mode Kejadian	Faktor Penyebab				Tindak Mitigasi	Relevan
	Manusia	Teknis	Manajemen	Lingkungan		
Tali <i>sling</i> terlepas sehingga pekerja atau alat berat tertimpa <i>spun pile</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Komunikasi yang buruk - Terburu-buru - Kurang konsentrasi dan waspada - Kelelahan - SDM kurang 	<ul style="list-style-type: none"> - Kesalahan dalam pengoperasian alat berat (lalai) - Pengikatan <i>sling crane</i> ke <i>spun pile</i> kurang kuat - Tali <i>sling</i> dalam kondisi kurang baik 	<ul style="list-style-type: none"> - Belum adanya prosedur yang jelas dalam pengangkatan <i>spun pile</i> mulai dari pengikatan <i>spun pile</i> hingga menaruh <i>spun pile</i> di HSPD - Belum adanya prosedur mengenai batas jarak aman pada saat pelaksanaan kegiatan pengangkatan <i>spun pile</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuaca angin kencang 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Perlu adanya pelatihan atau sertifikat operator untuk peningkatan SDM pekerja - Perlu adanya pengecekan rutin mengenai kondisi alat berat - Adanya prosedur yang jelas mengenai pengangkatan <i>spun pile</i> mulai dari pengikatan <i>spun pile</i> hingga menaruh <i>spun pile</i> di HSPD - Adanya prosedur yang jelas mengenai batas jarak aman pada saat pelaksanaan kegiatan pengangkatan <i>spun pile</i> - Memastikan pekerjaan dilaksanakan dalam keadaan angin tidak kencang - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui 	
<i>Spun pile</i> terbentur dengan HSPD	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak waspada - Kurang konsentrasi - Kelelahan 	<ul style="list-style-type: none"> - Kesalahan dalam pengoperasian alat berat (lalai) 	<ul style="list-style-type: none"> - Belum adanya prosedur yang jelas dalam pengangkatan <i>spun pile</i> mulai dari pengikatan <i>spun pile</i> hingga menaruh <i>spun pile</i> di HSPD 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuaca angin kencang 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja yang wajar dan istirahat yang cukup - Adanya prosedur yang jelas mengenai pengangkatan <i>spun pile</i> mulai dari pengikatan <i>spun pile</i> hingga menaruh <i>spun pile</i> di HSPD - Memastikan pekerjaan dilaksanakan dalam keadaan angin tidak kencang - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui 	

Lampiran 21 Verifikasi Faktor Penyebab dan Tindak Mitigasi Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Pemancangan *Spun Pile*

Pemancangan <i>Spun Pile</i>						
Mode Kejadian	Faktor Penyebab				Tindak Mitigasi	Relevan
	Manusia	Teknis	Manajemen	Lingkungan		
Tali <i>sling</i> terlepas sehingga Pekerja atau alat berat tertimpa pendorong <i>pile</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Komunikasi yang buruk - Terburu-buru - Kurang konsentrasi dan waspada - Kelelahan - SDM kurang 	<ul style="list-style-type: none"> - Kesalahan dalam pengoperasian alat berat (lalai) - Tali <i>sling</i> dalam kondisi kurang baik 	<ul style="list-style-type: none"> - Belum adanya prosedur yang jelas dalam kegiatan pemancangan <i>spun pile</i> mulai dari <i>swing</i> pendorong <i>pile</i> hingga pemancangannya - Belum adanya prosedur mengenai batas jarak aman pada saat pelaksanaan kegiatan pemancangan 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuaca angin kencang 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Perlu adanya pelatihan atau sertifikat operator untuk peningkatan SDM pekerja - Perlu adanya pengecekan rutin mengenai kondisi alat berat - Adanya prosedur yang jelas mengenai kegiatan pemancangan mulai dari <i>swing</i> pendorong <i>pile</i> hingga selesai pemancangan - Adanya prosedur yang jelas mengenai batas jarak aman pada saat pelaksanaan kegiatan pemancangan - Memastikan pekerjaan dilaksanakan dalam keadaan angin tidak kencang - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui 	
Pendorong <i>pile</i> terbentur dengan HSPD	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak waspada - Kurang konsentrasi - Kelelahan - Komunikasi yang buruk 	<ul style="list-style-type: none"> - Kesalahan dalam pengoperasian alat berat (lalai) 	<ul style="list-style-type: none"> - Belum adanya prosedur yang jelas dalam kegiatan pemancangan <i>spun pile</i> mulai dari <i>swing</i> pendorong <i>pile</i> hingga pemancangannya 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuaca angin kencang 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja yang wajar dan istirahat yang cukup - Perlu adanya pelatihan atau sertifikat operator untuk peningkatan SDM pekerja - Adanya prosedur yang jelas mengenai kegiatan pemancangan mulai dari <i>swing</i> pendorong <i>pile</i> hingga selesai pemancangan - Adanya prosedur yang jelas mengenai batas jarak aman pada saat pelaksanaan kegiatan pemancangan - Memastikan pekerjaan dilaksanakan dalam keadaan angin tidak kencang - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui 	

Lampiran 22 Verifikasi Faktor Penyebab dan Tindak Mitigasi Terhadap Terjadinya Kecelakaan Kerja Kegiatan Pemotongan Spun Pile

Pemotongan Spun Pile						
Mode Kejadian	Faktor Penyebab				Tindak Mitigasi	Relevan
	Manusia	Teknis	Manajemen	Lingkungan		
Kepala terbentur HSPD	- Terburu-buru - Kurang konsentrasi dan waspada - Kelelahan	- Aktivitas tidak aman	- Belum adanya prosedur mengenai jumlah orang yang boleh berada di lokasi pemotongan <i>spun pile</i> setelah pemancangan	- Kondisi ruangan yang sempit	- <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja dan istirahat yang cukup - Adanya prosedur jumlah orang yang boleh berada di lokasi pemotongan <i>spun pile</i> - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lain yang tidak diketahui	
Terkena pile cutter	- Terburu-buru - Kurang konsentrasi dan waspada - Kelelahan	- Kesalahan dalam pengoperasian alat (lalai) - Aktivitas tidak aman	- Belum adanya prosedur mengenai jumlah orang yang boleh berada di lokasi pemotongan <i>spun pile</i> setelah pemancangan	- Kondisi ruangan yang sempit	- <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja yang wajar dan istirahat yang cukup - Adanya prosedur jumlah orang yang boleh berada di lokasi pemotongan <i>spun pile</i> - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui	
Serbuk beton terhirup	- Terburu-buru - Kurang konsentrasi dan waspada - Kelelahan	- Aktivitas tidak aman	- Belum adanya prosedur mengenai jumlah orang yang boleh berada di lokasi pemotongan <i>spun pile</i> setelah pemancangan		- <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja yang wajar dan istirahat yang cukup - Menggunakan pelindung hidung dan mulut agar tidak menghirup serbuk beton - Adanya prosedur jumlah orang yang boleh berada di lokasi pemotongan <i>spun pile</i> - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui	
Tersandung atau terjatuh	- Terburu-buru - Kurang konsentrasi dan waspada - Kelelahan	- Aktivitas tidak aman	- Belum adanya prosedur mengenai jumlah orang yang boleh berada di lokasi pemotongan <i>spun pile</i> setelah pemancangan	- Kondisi ruangan yang sempit	- <i>Morning talk</i> kepada tiap pekerja agar waspada dan ingat akan pentingnya keselamatan kerja - Mengatur jam kerja yang wajar dan istirahat yang cukup - Adanya prosedur jumlah orang yang boleh berada di lokasi pemotongan <i>spun pile</i> - Menggunakan APD yang lengkap untuk menghindari cedera lainnya yang tidak diketahui	