

TUGAS AKHIR

ANALISIS FAKTOR PENYEBAB PENYIMPANGAN JADWAL PADA PEKERJAAN *BORED PILE* MENGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS* (FTA)

(*ANALYSIS OF SCHEDULE DEVIATION FACTORS IN BORED PILE WORK USING THE FAULT TREE ANALYSIS (FTA) METHOD*)

(Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah)

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



**Dika Kusuma Pertiwi
22511030**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS FAKTOR PENYEBAB PENYIMPANGAN
JADWAL PADA PEKERJAAN *BORED PILE*
MENGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS*
(FTA)
(*ANALYSIS OF SCHEDULE DEVIATION FACTORS IN
BORED PILE WORK USING THE FAULT TREE
ANALYSIS (FTA) METHOD*)**

(Studi Kasus : Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah)

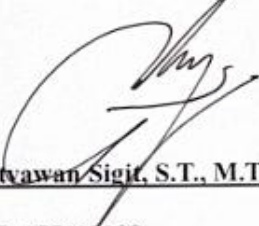
Disusun Oleh :

Dika Kusuma Pertiwi
22511030

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

Diuji pada tanggal
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing



Adityawan Sigit, S.T., M.T., Ph.D.

NIK: 155110108

Penguji I



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

NIK: 005110101

Penguji II



Rizki Budiman, S.T., M.T.

NIK: 245111203

Mengesahkan,

Pft. Ketua Program Studi Teknik Sipil Program Sarjana



Dinia Anggraheni, S.T., M.Eng.

NIK: 165110105

24/7-26

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil pemikiran, analisis, dan pekerjaan saya sendiri. Seluruh data, informasi, teori, gambar, tabel, maupun pendapat yang berasal dari karya atau penelitian pihak lain telah saya gunakan dengan mencantumkan sumber secara benar sesuai dengan kaidah dan etika penulisan karya ilmiah yang berlaku. Saya juga menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik pada perguruan tinggi lain. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran akademik, termasuk penggunaan karya orang lain tanpa mencantumkan sumber yang semestinya atau bentuk plagiasi lainnya, saya bersedia menerima segala sanksi sesuai dengan ketentuan akademik dan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 22 Juli 2026
Yang membuat pernyataan,



Dika Kusuma Pertiwi
(22511030)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Faktor Penyebab Penyimpangan Jadwal Pada Pekerjaan *Bored Pile* Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)” dengan baik. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa penyelesaian penelitian tidak terlepas dari dukungan, bantuan, bimbingan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Ibu Dinia Anggraheni, S.T., M.Eng. selaku Plt. Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Adityawan Sigit, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan, masukan, serta motivasi selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IPM selaku Dosen Penguji I dalam Sidang Tugas Akhir.
4. Bapak Rizki Budiman, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II dalam Sidang Tugas Akhir.
5. Pihak PT Wijaya Karya Bangunan Gedung Tbk (WIKAGedung) selaku kontraktor pelaksana Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah yang telah memberikan izin penelitian, data, serta bantuan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.

-
6. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan pelayanan selama masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, segala kritik dan saran yang membangun akan diterima dengan terbuka sebagai bahan perbaikan di masa mendatang. Penulis berharap semoga Allah Swt. senantiasa membalas segala kebaikan, ketulusan, dan bantuan yang telah diberikan oleh semua pihak selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Semoga karya sederhana ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya, serta menambah wawasan dalam bidang Teknik Sipil, khususnya mengenai analisis faktor penyebab penyimpangan jadwal pada pekerjaan *bored pile* menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Aamiin Yaa Rabbal 'Alamiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 22 Juli 2026
Penulis,



Dika Kusuma Pertiwi
(22511030)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xii
ABSTRAK	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Umum	6
2.2 Penelitian Sebelumnya	6
2.3 Keaslian Penelitian	10
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Pendahuluan	11
3.1.1 Proyek	11
3.1.2 Manajemen Konstruksi	12
3.2 Penjadwalan Proyek Konstruksi	13
3.2.1 Pengertian Waktu Dalam Proyek	13
3.2.2 Manajemen Waktu Proyek	14
3.3 Penyimpangan Jadwal Proyek	15

3.3.1	Definisi Penyimpangan Jadwal	15
3.3.2	Hubungan Penyimpangan Jadwal dengan Keterlambatan Proyek	16
3.4	Keterlambatan Proyek	17
3.4.1	Definisi Keterlambatan Proyek	17
3.4.2	Faktor-faktor Penyebab Keterlambatan	17
3.4.3	Dampak Keterlambatan	20
3.5	<i>Bored Pile</i>	21
3.5.1	Definisi Pondasi <i>Bored Pile</i>	21
3.5.2	Fungsi Pondasi <i>Bored Pile</i>	21
3.5.3	Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan <i>Bored Pile</i>	22
3.5.4	Kendala pada Pekerjaan <i>Bored Pile</i>	23
3.6	Program Komputer Statistical Product and Service Solution (SPSS)	23
3.6.1	Definisi Program Komputer SPSS	23
3.7	<i>Fault Tree Analysis</i>	24
3.7.1	Definisi	24
3.7.2	Simbol FTA (<i>Fault Tree Analysis</i>)	25
3.7.3	Keunggulan Metode FTA (<i>Fault Tree Analysis</i>)	27
3.7.4	Tahapan Pengerjaan	28
3.7.5	Aljabar <i>Booleen</i>	30
BAB IV METODE PENELITIAN		33
4.1	Tinjauan Umum	33
4.2	Lokasi Penelitian	33
4.3	Metode Pengumpulan Data	34
4.4	Kuesioner	35
4.5	Variabel Penelitian	37
4.6	Uji Instrumen Penelitian	38
4.6.1	Uji Validitas	38
4.6.2	Uji Reliabilitas	40
4.7	Tahapan Penelitian	41

4.8	Analisis data	42
4.9	Bagan Alir	43
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		45
5.1	Pengambilan Data	45
5.2	Identifikasi Penyimpangan Jadwal Pekerjaan <i>Bored pile</i>	45
5.3	Hasil Penelitian	47
5.3.1	Profil Responden	47
5.3.2	Persepsi Responden Terhadap Faktor Penyebab Penyimpangan Jadwal Pekerjaan <i>Bored pile</i>	52
5.3.3	Uji Validitas dan Reliabilitas	55
5.4	Analisa Penyebab Penyimpangan Menggunakan Metode FTA	60
5.4.1	Menentukan <i>Top Event</i>	61
5.4.2	Menentukan <i>Intermediate Event</i> dan <i>Basic event</i>	61
5.4.3	Penggambaran <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	66
5.4.4	Kombinasi <i>Basic event</i>	69
5.5.1	Faktor Dominan Penyebab Penyimpangan Jadwal	74
5.5.2	Faktor Kurang Dominan Penyebab Penyimpangan Jadwal	77
5.5.2	Interpretasi Hasil Analisis <i>Fault Tree Analysis</i>	80
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		82
6.1	Kesimpulan	82
6.2	Saran	83
DAFTAR PUSTAKA		84
LAMPIRAN		86

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian	9
Tabel 3. 1 Tabel Simbol Kejadian	26
Tabel 3. 2 Tabel Simbol Gerbang	26
Tabel 3. 3 Tabel Simbol Transfer	27
Tabel 3. 4 Hukum-hukum Aljabar <i>Boolean</i>	31
Tabel 4. 1 Variabel dan Indikator Penelitian	37
Tabel 5. 1 Jenis Kelamin Responden	48
Tabel 5. 2 Pendidikan Terakhir Responden	49
Tabel 5. 3 Masa Kerja Responden	50
Tabel 5. 4 Data Jabatan Responden	52
Tabel 5. 5 Data Jabatan Responden	53
Tabel 5. 6 Hasil Penelitian Persepsi Responden	54
Tabel 5. 7 Uji Validitas Data	58
Tabel 5. 8 Kriteria Reliabilitas Instrumen	60
Tabel 5. 9 Hasil Uji Reliabilitas	60
Tabel 5. 10 Faktor Penyebab Penyimpangan Jadwal Pekerjaan <i>Bored pile</i>	63
Tabel 5. 11 Simbol-simbol <i>Fault Tree Analysis</i>	67
Tabel 5. 12 <i>Cut Sets</i> Menggunakan Aljabar <i>Boolean</i>	70
Tabel 5. 13 <i>Minimal cut set</i>	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Permodelan <i>Fault Tree Analysis</i>	29
Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian	34
Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian	44
Gambar 5. 1 Kurva S Progres Pekerjaan <i>Bored Pile</i>	46
Gambar 5. 2 Jenis Kelamin Responden	48
Gambar 5. 3 Pendidikan Terakhir Responden	50
Gambar 5. 4 Masa Kerja Responden	51
Gambar 5. 5 r Tabel	57
Gambar 5. 6 Rencana Permodelan Grafis Penyimpangan Jadwal Pekerjaan <i>Bored pile</i>	65
Gambar 5. 7 Diagram FTA Penyimpangan Jadwal Pekerjaan <i>Bored pile</i>	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Permohonan Pengambilan Data	88
Lampiran 2. Tampilan Google Form	89
Lampiran 3. Tabulasi Data Berdasarkan Hasil isian Kuesioner oleh Responden 1-35	95
Lampiran 4. Laporan Data Cuaca	97
Lampiran 5. Dokumentasi Proyek	102
Lampiran 6. Surat Bukti Pengambilan Data	104
Lampiran 7. Struktur Organisasi Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah	105
Lampiran 7. Kurva S Proyek	106
Lampiran 8. Kurva S Proyek pada Pekerjaan <i>Bored Pile</i>	107

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$(P(x))$	= Probabilitas kejadian
(r)	= Koefisien korelasi Pearson
(n)	= Jumlah responden
(x)	= Nilai variabel pertama
(y)	= Nilai variabel kedua
$\sum x$	= Jumlah seluruh nilai (x)
$\sum y$	= Jumlah seluruh nilai (y)
$\sum xy$	= Jumlah hasil perkalian nilai (x) dan (y)
$\sum x^2$	= Jumlah kuadrat nilai (x)
$\sum y^2$	= Jumlah kuadrat nilai (y)
α	= Tingkat signifikansi
P	= Skor penilaian responden
D	= Skor dampak
X	= Variabel bebas
Y	= Variabel terikat

ABSTRAK

Pekerjaan *bored pile* merupakan pekerjaan struktur bawah yang berperan penting dalam kelancaran pelaksanaan proyek. Pada Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah terjadi penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* dengan deviasi maksimum sebesar -6,88% pada minggu ke-6. Penelitian ini bertujuan menganalisis faktor penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) serta menentukan faktor yang paling dominan.

Penelitian menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dokumentasi, dan kuesioner kepada 35 responden. Data dianalisis menggunakan IBM SPSS untuk uji validitas dan reliabilitas, kemudian dilanjutkan dengan metode FTA untuk menyusun diagram *fault tree* dan menghitung probabilitas setiap *basic event*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyimpangan jadwal dipengaruhi oleh enam faktor utama, yaitu dokumen pekerjaan dan kontrak, material dan peralatan, tenaga kerja, kondisi alam dan lingkungan, operasional dan manajemen kontraktor, serta operasional dan manajemen *owner*. Faktor paling dominan adalah cuaca buruk di sekitar proyek dengan probabilitas 0,0432, diikuti keterlambatan pengiriman material atau alat sebesar 0,0392, dan keterlambatan atau ketidaksesuaian proses pembayaran sebesar 0,0389. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam upaya meminimalkan penyimpangan jadwal pada pekerjaan *bored pile*.

Kata kunci: *bored pile*, penyimpangan jadwal, *Fault Tree Analysis* (FTA), probabilitas, proyek konstruksi.

ABSTRACT

Bored pile work is a critical substructure activity that plays an important role in ensuring the smooth implementation of construction projects. In the Oncology Center Building Construction Project of Central Java Province, the bored pile work experienced schedule deviations, with a maximum deviation of -6.88% occurring in the sixth week. This study aims to analyze the factors causing schedule deviations in bored pile work using the Fault Tree Analysis (FTA) method and to identify the most dominant contributing factors.

This study employed a descriptive quantitative method. Data were collected through observations, interviews, documentation, and questionnaires distributed to 35 respondents. The data were analyzed using IBM SPSS to test the validity and reliability of the research instruments, followed by the Fault Tree Analysis (FTA) method to develop the fault tree diagram and calculate the probability of each basic event.

The results indicate that schedule deviations were influenced by six main factors: work documents and contracts, materials and equipment, labor, natural and environmental conditions, contractor operations and management, and owner operations and management. The most dominant factor was adverse weather conditions around the project site, with a probability of 0.0432, followed by delays in the delivery of materials or equipment (0.0392) and delays or discrepancies in the payment process (0.0389). The findings of this study are expected to serve as a reference for minimizing schedule deviations in bored pile work.

Keywords: *bored pile, schedule deviation, Fault Tree Analysis (FTA), probability, construction project.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proyek konstruksi merupakan rangkaian kegiatan yang bersifat sementara dan terorganisasi untuk menghasilkan sarana dan prasarana dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia dalam batasan waktu, biaya, dan mutu tertentu. Setiap proyek memiliki karakteristik yang unik serta memiliki awal dan akhir yang jelas. Oleh karena itu, keberhasilan proyek konstruksi sangat dipengaruhi oleh kemampuan manajemen dalam mengendalikan waktu, biaya, dan mutu pekerjaan agar pelaksanaan proyek dapat berjalan sesuai target yang telah direncanakan (PMI, 2021).

Setiap proyek konstruksi memiliki karakteristik yang berbeda-beda sehingga memerlukan koordinasi dan pengendalian yang baik antar pihak yang terlibat. Pengelolaan proyek yang efektif menjadi faktor penting dalam menjaga ketercapaian target pelaksanaan proyek konstruksi, terutama dalam aspek waktu pelaksanaan pekerjaan (Ervianto, 2023).

Dalam perencanaan proyek konstruksi, penyusunan jadwal kerja (*time schedule*) merupakan tahapan penting untuk mengatur urutan aktivitas pekerjaan, alokasi sumber daya, serta target penyelesaian proyek. Jadwal pelaksanaan berfungsi sebagai alat pengendalian untuk membandingkan antara progres rencana dan progres aktual di lapangan. Melalui pengendalian tersebut, penyimpangan jadwal pelaksanaan dapat diketahui lebih awal sehingga dapat dilakukan tindakan perbaikan sebelum memengaruhi keseluruhan pelaksanaan proyek (Ruslan, 2019).

Namun, dalam praktiknya, pelaksanaan proyek konstruksi sering mengalami ketidaksesuaian antara jadwal rencana dan realisasi pekerjaan di lapangan. Kondisi tersebut dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti keterlambatan material, rendahnya produktivitas tenaga kerja, gangguan peralatan, perubahan desain, dan kondisi cuaca. Ketidaksesuaian tersebut menyebabkan munculnya penyimpangan jadwal yang ditunjukkan melalui selisih antara progres rencana dan progres aktual

proyek. Penyimpangan jadwal tidak selalu mengakibatkan keterlambatan proyek secara keseluruhan, tetapi dapat menjadi indikator adanya hambatan pada pekerjaan tertentu (Putra dan Triana, 2024).

Salah satu pekerjaan yang berpengaruh besar terhadap kelancaran proyek gedung bertingkat adalah pondasi *bored pile*. Pekerjaan struktur bawah ini bersifat kritis karena menjadi dasar pelaksanaan struktur berikutnya. Dalam pelaksanaannya, pekerjaan *bored pile* rentan mengalami hambatan terkait dokumen pekerjaan dan kontrak, material dan peralatan, tenaga kerja, kondisi alam dan lingkungan, serta operasional dan manajemen proyek sehingga dapat menyebabkan penyimpangan jadwal pekerjaan (Sungkana dkk., 2023).

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah dengan luas bangunan $\pm 20.257 \text{ m}^2$, nilai kontrak sebesar Rp248.432.000.000,00, dan durasi pelaksanaan 540 hari kalender oleh PT Wijaya Karya Bangunan Gedung. Berdasarkan hasil evaluasi Kurva S, penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* terjadi sejak minggu ke-1 dan mencapai deviasi maksimum sebesar -6,88% pada minggu ke-6. Selanjutnya, deviasi berangsur menurun hingga progres kembali sesuai dengan jadwal pada minggu ke-10, sehingga pekerjaan *bored pile* dapat diselesaikan sesuai jadwal pelaksanaan.

Penyimpangan jadwal tersebut terjadi pada pekerjaan *bored pile* yang termasuk aktivitas lintasan kritis proyek. Meskipun proyek tetap selesai tepat waktu, penyimpangan jadwal pada pekerjaan *bored pile* perlu dianalisis karena berpotensi memengaruhi kelancaran proyek. Penelitian ini berfokus pada penyimpangan jadwal karena proyek tidak mengalami keterlambatan penyelesaian, namun sempat terjadi deviasi progres pada pekerjaan *bored pile*. Berdasarkan penelitian terdahulu, analisis penyimpangan jadwal umumnya hanya berfokus pada identifikasi faktor penyebab tanpa menggambarkan hubungan antar faktor dan probabilitas faktor dominan. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) karena mampu mengidentifikasi akar penyebab penyimpangan jadwal secara sistematis serta menentukan faktor dominan berdasarkan analisis probabilitas pada Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah (Mohdar dkk., 2024).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dalam menganalisis hubungan sebab-akibat faktor-faktor penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* pada Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah?
2. Faktor penyebab manakah yang memiliki tingkat probabilitas paling dominan terhadap penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* berdasarkan metode *Fault Tree Analysis* (FTA)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, maka tujuan penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Menerapkan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk menganalisis hubungan sebab-akibat faktor-faktor penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* pada Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah.
2. Menganalisis faktor penyebab yang memiliki tingkat probabilitas paling dominan terhadap penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* berdasarkan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan dalam mengidentifikasi dan memahami faktor-faktor penyebab terjadinya penyimpangan pada pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah.
2. Temuan yang diperoleh dari penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai landasan awal bagi penelitian-penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan analisis penyimpangan proyek konstruksi.

3. Pelaksanaan penelitian ini merupakan bentuk penerapan dan pengembangan kompetensi akademik yang diperoleh selama masa studi di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

1.5 Batasan Penelitian

Penetapan batasan penelitian diperlukan agar kajian yang dilakukan tidak menyimpang dari tujuan utama penelitian. Batasan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Narasumber penelitian dibatasi pada pihak internal proyek yang terlibat langsung dalam pelaksanaan pekerjaan.
2. Data penelitian yang digunakan merupakan data sekunder proyek, meliputi :
 - a. Dokumen *Time Schedule*.
 - b. Kurva – s.
 - c. Wawancara.
3. Data diperoleh melalui wawancara dan penyebaran kuesioner kepada pihak yang terlibat pada pekerjaan *bored pile*.
4. Penelitian tidak mengevaluasi kinerja individu pekerja, melainkan fokus pada faktor manajerial dan teknis yang menyebabkan penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*.
5. Penelitian tidak membahas dampak finansial dari penyimpangan, seperti perhitungan denda penyimpangan atau tambahan biaya operasional.
6. Pembahasan kondisi lapangan terbatas pada data hasil wawancara, kuesioner, dan dokumen proyek tanpa melakukan pengujian teknis lapangan secara langsung.
7. Metode analisis yang digunakan dibatasi pada *Fault Tree Analysis* (FTA) dan pengolahan data menggunakan SPSS tanpa membandingkan dengan metode analisis lainnya.
8. Penelitian hanya membahas faktor penyimpangan jadwal pada tahap pelaksanaan pekerjaan pondasi *bored pile* dan tidak mencakup pekerjaan struktur lainnya.

9. Penelitian tidak membahas aspek perencanaan struktur maupun perubahan desain secara detail, kecuali yang berkaitan langsung dengan penyimpangan pekerjaan *bored pile*.
10. Hasil penelitian bersifat deskriptif dan hanya berlaku pada objek penelitian yang ditinjau, sehingga tidak dapat digeneralisasikan pada seluruh proyek konstruksi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Pada BAB I telah dijelaskan bahwa penelitian ini berfokus pada analisis faktor penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* pada Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Oleh karena itu, pada BAB II disajikan tinjauan pustaka dan hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penyimpangan dan keterlambatan pekerjaan konstruksi sebagai dasar teoritis dan referensi dalam penyusunan penelitian ini.

2.2 Penelitian Sebelumnya

Sebagai bahan referensi dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir, maka peneliti akan memaparkan hasil-hasil penelitian dengan topik sejenis yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian-penelitian ini berfokus pada analisis keterlambatan proyek konstruksi menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Berikut contoh penelitian sejenis yang dilakukan:

1. Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Pondasi *Bore pile* Menggunakan FTA

Penelitian ini berjudul Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Pondasi *Bore pile* Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) yang dilakukan oleh Sungkana, Ratnaningsih, dan Soetjipto (2023). Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi faktor penyebab keterlambatan khusus pada pekerjaan pondasi *bore pile* menggunakan FTA dan Pareto. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 50 variabel penyebab keterlambatan yang berasal dari faktor *owner*, manajemen konstruksi, kontraktor, lingkungan, dan K3, dengan 21 variabel sebagai faktor dominan. Batasan penelitian adalah jumlah responden terbatas (14 orang) dan analisis hanya fokus pada pekerjaan *bore pile* tanpa menilai kaitannya dengan pekerjaan struktur lainnya.

2. Analisa Faktor Penyebab Keterlambatan Pekerjaan *Bore pile* pada Proyek Sekolah Citra Kasih Ambon Menggunakan FTA

Penelitian ini berjudul Analisa Faktor Penyebab Keterlambatan Pekerjaan *Bore pile* pada Proyek Sekolah Citra Kasih Ambon Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) yang ditulis oleh Mohdar, Serang, dan Titaley (2024). Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi faktor penyebab keterlambatan pekerjaan *bore pile* serta menentukan nilai probabilitas masing-masing *basic event*. Hasil penelitian menunjukkan tiga faktor dominan penyebab keterlambatan, yaitu kualitas peralatan yang buruk (probabilitas 0,263), tanah lunak (0,218), serta persiapan jadwal kerja dan revisi desain oleh *owner* (0,137). Total probabilitas keterlambatan pekerjaan *bore pile* mencapai 0,906, menunjukkan pengaruh signifikan terhadap deviasi jadwal. Batasan penelitian adalah penggunaan kuesioner dengan jumlah responden terbatas dan analisis hanya fokus pada pekerjaan *bore pile*.

3. Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Konstruksi pada CV. X Menggunakan Metode FTA

Penelitian ini berjudul Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Konstruksi pada CV. X Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) yang ditulis oleh Putra dan Triana (2024). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi penyebab keterlambatan pada empat proyek konstruksi rumah tinggal yang dikerjakan CV. X menggunakan pendekatan *Fault Tree Analysis*. Hasil penelitian menunjukkan enam aspek utama penyebab keterlambatan, yaitu aspek tenaga kerja, material/peralatan, manajemen pelaksanaan proyek, kontrak, dokumen pekerjaan, serta kondisi alam dan *force majeure*. Faktor dengan probabilitas terbesar adalah aspek kontrak (0,21), disusul manajemen pelaksanaan proyek (0,18), material/peralatan (0,15), serta kondisi alam (0,12). Batasan penelitian ini adalah analisis hanya mencakup proyek hunian di Surabaya tanpa menilai dampak biaya dan tanpa membandingkan metode analisis lainnya.

4. Analisis Keterlambatan Proyek Gedung Bertingkat Menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA)

Penelitian ini berjudul *Analysis of Project Delay Using the Fault Tree Analysis (FTA) Method in Rising Building Projects* yang dilakukan oleh Asyari dan Putra (2023). Tujuan penelitian ini ada lah mengidentifikasi faktor penyebab keterlambatan pada pekerjaan struktur, ar sitektur, dan MEP pada proyek pembangunan Gedung Fakultas Teknik UPN “Veteran” Jawa Timur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterlambatan dominan disebabkan oleh perubahan desain dan ketidaksesuaian gambar kerja dari pihak owner dan/atau konsultan perencana, dengan nilai reliabilitas pekerjaan struktur sebesar 0,861 sehingga proyek dinyatakan kritis. Batasan penelitian ini adalah analisis hanya difokuskan pada proyek Gedung FT UPN “Veteran” Jawa Timur dengan metode FTA tanpa membandingkan dengan metode lain.

5. Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) pada Proyek Aahana Village Cangg

Penelitian ini berjudul Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan dengan Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) pada Proyek Aahana *Village* yang ditulis oleh Mahapatni dkk. (2024). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor penyebab keterlambatan pada proyek Aahana Village Cangg serta menganalisis tingkat probabilitas setiap faktor menggunakan FTA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterlambatan dipengaruhi oleh faktor perencanaan, *owner*, konsultan pengawas, kontraktor, lingkungan, dan perizinan, dengan faktor dominan berasal dari pelaksanaan oleh kontraktor yang memiliki nilai probability index tertinggi sebesar 5,85. Batasan penelitian ini adalah analisis hanya dilakukan pada satu proyek dan tidak menelaah pengaruh biaya maupun keterkaitan antar item pekerjaan secara detail.

Tabel 2. 2 Perbandingan Penelitian

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Metode	Objek Penelitian	Tujuan Penelitian	Batasan Penelitian
1.	Sungkana dkk. (2023)	Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Pondasi <i>Bore pile</i> Menggunakan Metode <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	<i>Fault Tree Analysis</i> (FTA) dan Diagram Pareto	Pekerjaan pondasi <i>bore pile</i> pada Proyek X di Pasuruan	Mengidentifikasi penyebab keterlambatan pekerjaan <i>bore pile</i> dan faktor dominannya.	Responden berjumlah 14 orang yang terlibat pada pekerjaan <i>bore pile</i> .
2.	Mohdar dkk. (2024)	Analisa Faktor Penyebab Keterlambatan Pekerjaan Sekolah Menggunakan FTA	FTA & Kuesioner	Pekerjaan <i>bore pile</i> Sekolah Citra Kasih Ambon	Menganalisis faktor keterlambatan berdasarkan struktur FTA.	Penelitian dilakukan pada proyek Sekolah Citra Kasih Ambon dengan data dari wawancara dan kuesioner.
3.	Putra dkk. (2024)	Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Konstruksi pada CV. X Menggunakan Metode <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	<i>Fault Tree Analysis</i> (FTA), pendekatan probabilistik	Empat proyek perumahan yang dikerjakan CV. X di Surabaya	Mengidentifikasi penyebab keterlambatan dan menghitung probabilitas tiap faktor penyebab menggunakan pendekatan FTA.	Analisis hanya pada proyek gedung bertingkat, tidak mencakup bendungan atau jalan.
4.	Asyari dkk. (2023)	Analisis Keterlambatan Proyek Gedung Bertingkat Menggunakan <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	<i>Fault Tree Analysis</i> (FTA) dan MOCUS	Proyek pembangunan Gedung Fakultas Teknik (GKB FT) UPN “Veteran” Jawa Timur	Mengidentifikasi faktor penyebab keterlambatan pekerjaan struktur, arsitektur, dan MEP.	Penelitian hanya difokuskan pada proyek GKB FT UPN “Veteran” Jawa Timur dan analisis keterlambatan menggunakan metode FTA
5.	Mahapatni dkk. (2024)	Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan dengan Menggunakan Metode <i>Fault Tree Analysis</i> (Proyek Aahana Village)	<i>Fault Tree Analysis</i> (FTA) dan perhitungan <i>probability index</i>	Proyek Pembangunan Aahana Village Canggu, Bali	Mengidentifikasi faktor dominan penyebab keterlambatan dan menganalisis hubungan <i>basic event</i> terhadap <i>top event</i> menggunakan FTA.	Penelitian hanya dilakukan pada satu proyek; tidak memisahkan faktor berdasarkan item pekerjaan secara rinci.

2.3 Keaslian Penelitian

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis akar penyebab terjadinya penyimpangan jadwal pada proyek konstruksi melalui pemetaan hubungan logis antara peristiwa puncak (*top event*) dan kejadian dasar (*basic events*), sehingga faktor dominan penyebab penyimpangan dapat ditentukan secara terstruktur berdasarkan hierarki hubungan antar kejadian.

Secara umum, penelitian-penelitian terdahulu yang menggunakan metode FTA berfokus pada proyek konstruksi yang telah mengalami keterlambatan penyelesaian secara nyata, sehingga analisis dilakukan dalam konteks proyek yang gagal memenuhi target waktu kontrak. Penelitian ini hadir dengan sudut pandang yang berbeda, yakni menganalisis penyimpangan jadwal pada pekerjaan *bored pile* yang meskipun sempat mengalami deviasi maksimum sebesar -6,88% pada minggu keenam, namun berhasil dipulihkan dan diselesaikan tepat waktu pada minggu kesepuluh. Kondisi ini menunjukkan bahwa penyimpangan pada lintasan kritis tidak selalu berujung pada keterlambatan proyek secara keseluruhan, namun tetap perlu dianalisis secara mendalam untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang sempat menghambat pelaksanaan pekerjaan.

Kebaruan penelitian ini juga terletak pada objek kajian yang digunakan, yaitu Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah sebuah fasilitas kesehatan spesialisik dengan standar teknis dan regulasi yang ketat, yang belum pernah dikaji dalam penelitian terdahulu. Kompleksitas dokumen, perizinan, dan spesifikasi teknis pada jenis proyek ini menghasilkan karakteristik faktor penyimpangan yang berbeda dibandingkan proyek perumahan, sekolah, maupun gedung perkantoran yang menjadi objek pada penelitian sebelumnya. Melalui penerapan metode FTA yang dikombinasikan dengan uji validitas dan reliabilitas instrumen menggunakan IBM SPSS terhadap 35 responden, penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan pemetaan akar penyebab penyimpangan jadwal yang lebih terperinci dan kontekstual pada pekerjaan pondasi *bored pile*, sehingga dapat memperkuat orisinalitas serta kontribusi penelitian ini dalam pengembangan ilmu manajemen proyek konstruksi.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pendahuluan

3.1.1 Proyek

Proyek merupakan suatu rangkaian kegiatan yang terorganisasi dan dirancang untuk menghasilkan suatu produk, bangunan, atau infrastruktur dalam batasan waktu, biaya, dan mutu tertentu. Setiap proyek memiliki tujuan yang jelas, bersifat sementara, serta memiliki awal dan akhir pelaksanaan yang telah ditentukan. Menurut PMI (2021), proyek merupakan upaya sementara yang dilakukan untuk menghasilkan produk, layanan, atau hasil yang unik.

Dalam konteks konstruksi, proyek konstruksi merupakan kegiatan yang bertujuan menghasilkan suatu bangunan atau infrastruktur melalui tahapan perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian pekerjaan. Proyek konstruksi bersifat *non-repetitif* karena setiap proyek memiliki karakteristik, kondisi lapangan, metode pelaksanaan, dan tingkat kompleksitas yang berbeda (Ervianto, 2023).

Karakteristik utama proyek konstruksi meliputi penggunaan sumber daya berupa tenaga kerja, material, peralatan, biaya, dan metode pelaksanaan yang saling berkaitan untuk mencapai tujuan proyek. Selain itu, proyek konstruksi melibatkan berbagai pihak, seperti pemilik proyek (*owner*), konsultan, dan kontraktor yang memiliki tugas dan tanggung jawab masing-masing dalam mendukung kelancaran pelaksanaan proyek. Oleh karena itu, diperlukan koordinasi dan pengendalian yang baik agar seluruh aktivitas proyek dapat berjalan sesuai dengan perencanaan (Ervianto, 2023).

Dalam penyelenggaraan proyek konstruksi terdapat tiga sasaran utama yang saling berkaitan, yaitu biaya (*cost*), waktu (*time*), dan mutu (*quality*). Ketiga aspek tersebut dikenal sebagai *triple constraint* dalam manajemen proyek. Biaya berkaitan dengan anggaran yang digunakan selama pelaksanaan proyek, waktu berkaitan dengan durasi penyelesaian pekerjaan sesuai jadwal yang direncanakan,

sedangkan mutu berkaitan dengan kesesuaian hasil pekerjaan terhadap spesifikasi dan standar yang telah ditetapkan (Ervianto, 2023)

Keberhasilan proyek konstruksi ditentukan oleh kemampuan manajemen proyek dalam mengendalikan ketiga aspek tersebut secara seimbang. Apabila salah satu aspek mengalami penyimpangan, maka aspek lainnya juga dapat terpengaruh. Oleh karena itu, pengendalian biaya, waktu, dan mutu menjadi bagian penting dalam pelaksanaan proyek konstruksi agar tujuan proyek dapat tercapai secara efektif dan efisien (Ervianto, 2023).

3.1.2 Manajemen Konstruksi

Manajemen konstruksi merupakan penerapan prinsip-prinsip manajemen dalam perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan pengendalian sumber daya proyek untuk mencapai tujuan proyek secara efektif dan efisien. Manajemen konstruksi berfungsi untuk mengoordinasikan seluruh sumber daya proyek, meliputi tenaga kerja, material, peralatan, metode kerja, serta biaya agar sasaran waktu, biaya, dan mutu proyek dapat tercapai sesuai dengan perencanaan (Siswanto & Salim, 2019).

Manajemen proyek konstruksi mencakup rangkaian proses sejak tahap perencanaan hingga proyek selesai dilaksanakan. Manajemen proyek merupakan bidang keilmuan yang berfokus pada pengaturan, pengoordinasian, dan pengendalian sumber daya proyek agar tujuan proyek dapat dicapai dalam batasan yang telah ditetapkan. Pengelolaan proyek yang tidak terstruktur dengan baik berpotensi menimbulkan pemborosan sumber daya dan keterlambatan pelaksanaan pekerjaan (Ruslan, 2019).

Dalam praktik pelaksanaan proyek konstruksi, sistem manajemen yang efektif sangat diperlukan agar kegiatan proyek dapat berlangsung secara efisien dan terkendali. Permasalahan manajerial, seperti lemahnya pengendalian dan koordinasi pelaksanaan, berkontribusi signifikan terhadap terjadinya deviasi waktu dan keterlambatan proyek konstruksi. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas sistem manajemen proyek sangat menentukan keberhasilan pencapaian target waktu pelaksanaan (Putra & Triana, 2024).

Proyek konstruksi merupakan serangkaian aktivitas yang saling berkaitan untuk menghasilkan suatu bangunan atau infrastruktur. Proyek konstruksi dirancang untuk mencapai hasil pekerjaan dalam batasan waktu, biaya, dan mutu yang telah disepakati sejak awal. Oleh karena itu, manajemen konstruksi memiliki peran strategis dalam memastikan bahwa seluruh aktivitas proyek berjalan sesuai dengan rencana dan spesifikasi teknis yang ditetapkan (Erviyanto, 2023).

Berdasarkan PMI (2021), manajemen proyek merupakan penerapan pengetahuan, keterampilan, alat, dan teknik pada aktivitas proyek untuk memenuhi kebutuhan proyek. PMBOK menekankan bahwa pengelolaan proyek harus dilakukan secara terintegrasi melalui fungsi perencanaan, penjadwalan, pengendalian biaya, pengendalian mutu, pengelolaan sumber daya, serta pengendalian risiko agar kinerja proyek dapat tercapai secara optimal.

Selain itu, manajemen proyek yang efektif sangat bergantung pada kemampuan organisasi dalam mengintegrasikan perencanaan strategis dengan pengendalian operasional proyek. Integrasi tersebut diperlukan agar perubahan yang terjadi selama pelaksanaan proyek dapat segera diantisipasi tanpa mengganggu sasaran utama proyek (Kerzner, 2017).

Dalam praktik pelaksanaan proyek konstruksi, sistem manajemen yang efektif sangat diperlukan agar kegiatan proyek dapat berlangsung secara efisien dan terkendali. Permasalahan manajerial, seperti lemahnya pengendalian dan koordinasi pelaksanaan, dapat menyebabkan penyimpangan jadwal proyek konstruksi. Oleh karena itu, manajemen konstruksi memiliki peran penting dalam menjaga ketercapaian target waktu pelaksanaan proyek (Putra & Triana, 2024).

3.2 Penjadwalan Proyek Konstruksi

3.2.1 Pengertian Waktu Dalam Proyek

Perencanaan penjadwalan merupakan bagian penting dalam manajemen proyek konstruksi karena berfungsi sebagai alat pengendali agar seluruh aktivitas proyek dapat diselesaikan sesuai dengan target waktu yang telah ditetapkan. Waktu dalam proyek tidak hanya dipahami sebagai lamanya pekerjaan berlangsung, tetapi juga sebagai kerangka pengendalian yang mengatur kapan suatu aktivitas harus dimulai, dilaksanakan, dan diselesaikan.

Manajemen waktu proyek bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh aktivitas proyek dapat diselesaikan secara terkoordinasi dan tepat waktu sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan (PMI, 2021).

Durasi proyek dimulai sejak diterbitkannya perintah mulai kerja (*notice to proceed*) kepada kontraktor dan berakhir ketika seluruh pekerjaan telah selesai serta diterima oleh pemilik proyek. Dalam praktik konstruksi, waktu menjadi parameter utama untuk menilai kinerja proyek karena keterlambatan dapat berdampak pada biaya, mutu, dan kepuasan pemilik (Kerzner, 2017).

Dalam proyek konstruksi, waktu menjadi parameter penting dalam menilai keberhasilan pelaksanaan proyek. Ketidaksesuaian antara jadwal rencana dan realisasi pekerjaan dapat menyebabkan penyimpangan jadwal yang berpotensi mengganggu target penyelesaian proyek (Ervianto, 2023).

3.2.2 Manajemen Waktu Proyek

Manajemen waktu proyek merupakan proses perencanaan, penyusunan, dan pengendalian jadwal agar seluruh aktivitas proyek dapat diselesaikan sesuai dengan target waktu yang telah ditetapkan. Manajemen waktu bertujuan untuk memastikan setiap pekerjaan terlaksana secara terkoordinasi sehingga penyelesaian proyek dapat berjalan efektif dan efisien (PMI, 2021).

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi, manajemen waktu memiliki peran penting karena waktu menjadi salah satu indikator keberhasilan proyek. Pengendalian waktu yang kurang baik dapat menyebabkan terjadinya penyimpangan jadwal dan keterlambatan pekerjaan yang berdampak pada biaya serta kinerja proyek secara keseluruhan (Ervianto, 2023).

Menurut PMI (2021), manajemen waktu proyek meliputi beberapa tahapan utama sebagai berikut:

1. Definisi kegiatan

Tahap ini dilakukan dengan mengidentifikasi seluruh aktivitas pekerjaan yang diperlukan dalam pelaksanaan proyek. Setiap aktivitas harus disusun secara jelas agar mempermudah proses pengendalian pekerjaan.

2. Pengurutan kegiatan

Setelah aktivitas ditentukan, langkah selanjutnya adalah menyusun hubungan dan urutan antar pekerjaan sesuai ketergantungan masing-masing aktivitas sehingga pelaksanaan proyek dapat berjalan secara sistematis.

3. Estimasi durasi pekerjaan

Setiap aktivitas pekerjaan diberikan estimasi durasi berdasarkan metode kerja, produktivitas tenaga kerja, penggunaan peralatan, serta kebutuhan sumber daya lainnya. Estimasi durasi yang tepat akan menghasilkan jadwal proyek yang lebih realistis.

4. Penyusunan jadwal proyek

Tahap ini dilakukan dengan menentukan waktu mulai dan waktu selesai setiap aktivitas pekerjaan sehingga terbentuk jadwal pelaksanaan proyek secara keseluruhan.

5. Pengendalian jadwal proyek

Pengendalian jadwal dilakukan dengan memantau progres pelaksanaan pekerjaan dan membandingkannya dengan jadwal rencana. Apabila terjadi penyimpangan jadwal, maka diperlukan tindakan pengendalian agar keterlambatan proyek dapat diminimalkan.

Kinerja waktu proyek konstruksi dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti tenaga kerja, material, peralatan, manajemen pelaksanaan, kondisi lapangan, keuangan, serta faktor eksternal seperti cuaca dan kecelakaan kerja. Faktor-faktor tersebut dapat memengaruhi produktivitas pekerjaan dan menyebabkan penyimpangan terhadap jadwal proyek apabila tidak dikendalikan dengan baik (Ervianto, 2023).

3.3 Penyimpangan Jadwal Proyek

3.3.1 Definisi Penyimpangan Jadwal

Penyimpangan progres merupakan selisih antara capaian kemajuan pekerjaan aktual di lapangan dengan progres yang direncanakan dalam jadwal proyek pada periode waktu tertentu. Penyimpangan progres digunakan sebagai indikator utama dalam mengevaluasi kinerja waktu pelaksanaan proyek konstruksi.

Dalam manajemen proyek, progres pekerjaan umumnya dinyatakan dalam bentuk persentase (%) terhadap total pekerjaan. Oleh karena itu, Penyimpangan progres dapat dihitung dengan membandingkan nilai progres aktual terhadap progres rencana yang telah ditetapkan dalam *time schedule*. Secara matematis, penyimpangan progres dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Penyimpangan Progres} = \text{Progres Aktual} - \text{Progres Rencana} \quad (3.1)$$

dengan:

Progres Aktual = persentase realisasi pekerjaan di lapangan

Progres Rencana = persentase pekerjaan berdasarkan *time schedule*

3.3.2 Hubungan Penyimpangan Jadwal dengan Keterlambatan Proyek

Keterlambatan proyek merupakan kondisi ketika pelaksanaan pekerjaan tidak mencapai target waktu yang telah ditetapkan dalam jadwal rencana. Salah satu indikator yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi keterlambatan adalah penyimpangan jadwal.

Penyimpangan jadwal menunjukkan bahwa capaian pekerjaan aktual lebih rendah dibandingkan rencana sehingga mencerminkan ketidaksesuaian antara perencanaan dan pelaksanaan proyek. Jika berlangsung terus-menerus, kondisi ini dapat menyebabkan akumulasi keterlambatan dan memperpanjang durasi proyek.

Hubungan antara penyimpangan jadwal dan keterlambatan proyek dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Penyimpangan jadwal merupakan indikator awal terjadinya keterlambatan,
2. Penyimpangan jadwal pada aktivitas lintasan kritis secara langsung memengaruhi waktu penyelesaian proyek,
3. Besarnya penyimpangan mencerminkan tingkat keterlambatan yang terjadi,
4. Akumulasi penyimpangan dalam beberapa periode dapat menyebabkan keterlambatan signifikan pada proyek.

Dengan demikian, analisis penyimpangan merupakan aspek krusial dalam pengendalian waktu proyek konstruksi, karena mampu mendeteksi penyimpangan secara dini serta menjadi dasar dalam mengidentifikasi faktor-faktor penyebab keterlambatan proyek.

3.4 Keterlambatan Proyek

3.4.1 Definisi Keterlambatan Proyek

Keterlambatan proyek konstruksi terjadi ketika kinerja waktu aktual menyimpang dari baseline jadwal yang telah disepakati dalam dokumen perencanaan dan kontrak, sehingga target penyelesaian tidak tercapai sesuai rencana. Ketidaktepatan waktu penyelesaian tersebut menunjukkan bahwa pengendalian jadwal tidak berjalan secara efektif dan dapat menurunkan nilai yang dihasilkan oleh proyek (PMI, 2021). Keterlambatan juga muncul ketika durasi pelaksanaan tidak dimanfaatkan sesuai rencana, sehingga beberapa aktivitas mengalami penundaan dan menyebabkan perpanjangan waktu penyelesaian proyek (Ervianto, 2023).

Keterlambatan proyek konstruksi merupakan kondisi ketika realisasi kemajuan pekerjaan berada di bawah jadwal yang direncanakan, yang umumnya disebabkan oleh masalah manajemen, pengambilan keputusan, dan dukungan terhadap pelaksanaan pekerjaan di lapangan, sehingga berdampak pada peningkatan biaya dan penurunan kinerja proyek. Secara umum, keterlambatan proyek dapat menyebabkan perpanjangan durasi konstruksi dan pembengkakan biaya, atau bahkan menimbulkan kedua dampak tersebut secara bersamaan (Syakhertra dkk., 2025).

Bagi pemilik proyek (*owner*), keterlambatan mengakibatkan tertundanya pemanfaatan bangunan dan meningkatnya biaya tidak langsung, sedangkan bagi kontraktor dapat menimbulkan tambahan biaya operasional serta risiko sanksi kontraktual (Ervianto, 2023; PMI, 2021). Dengan demikian, proyek dinyatakan mengalami keterlambatan apabila penyedia jasa tidak dapat menyerahkan hasil pekerjaan kepada pengguna jasa pada waktu serah terima yang telah direncanakan, sebagai akibat dari berbagai faktor teknis, manajerial, dan eksternal yang memengaruhi kinerja waktu pelaksanaan.

3.4.2 Faktor-faktor Penyebab Keterlambatan

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi, berbagai kondisi dapat menyebabkan aktivitas tidak selesai sesuai jadwal maupun menunda penyelesaian proyek secara keseluruhan. Keterlambatan proyek pada dasarnya merupakan kondisi ketika

realisasi waktu penyelesaian pekerjaan melebihi waktu yang telah ditetapkan dalam rencana atau kontrak. Kondisi ini menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara perencanaan dan pelaksanaan proyek yang berdampak pada peningkatan biaya, penurunan mutu, serta penurunan kinerja proyek secara keseluruhan (Pontan, 2024).

Menurut (Zagia dkk., 2025), keterlambatan proyek konstruksi dapat diklasifikasikan ke dalam empat jenis utama, yaitu:

1. *Critical* atau *Non-critical Delay*

Keterlambatan dikategorikan sebagai kritis apabila penundaan tersebut berdampak langsung terhadap tanggal penyelesaian proyek atau jalur kritis (*critical path*). Sebaliknya, keterlambatan dikategorikan sebagai non-kritis apabila tidak memengaruhi waktu penyelesaian akhir proyek meskipun terjadi penundaan pada aktivitas tertentu.

2. *Excusable* atau *Non-excusable Delay*

Keterlambatan *excusable* merupakan penundaan yang terjadi akibat kejadian di luar kendali kontraktor, seperti perubahan desain oleh pemilik proyek, kondisi cuaca ekstrem, atau kondisi lapangan yang tidak terduga. Sebaliknya, keterlambatan *non-excusable* disebabkan oleh kelalaian atau kesalahan kontraktor, seperti lemahnya perencanaan, keterlambatan pengadaan material, atau rendahnya produktivitas tenaga kerja.

3. *Compensable* dan *Non-Compensable Delay*

Keterlambatan *compensable* terjadi apabila kontraktor berhak memperoleh perpanjangan waktu dan kompensasi biaya karena keterlambatan disebabkan oleh pihak pemilik proyek. Sementara itu, keterlambatan *non-compensable* hanya memberikan hak perpanjangan waktu tanpa kompensasi biaya.

4. *Concurrent* dan *Non-Concurrent Delay*

Concurrent delay terjadi apabila dua atau lebih penyebab keterlambatan muncul secara bersamaan, baik dari pihak kontraktor maupun pemilik proyek. Kondisi ini sering menimbulkan kesulitan dalam menentukan tanggung jawab keterlambatan dan hak kompensasi.

Faktor-faktor yang memengaruhi keterlambatan pelaksanaan proyek konstruksi dapat berasal dari berbagai aspek yang saling berkaitan. Menurut Limasyudhi & Triana (2025), faktor-faktor penyebab keterlambatan proyek konstruksi dapat dikelompokkan menjadi enam kategori utama, yaitu:

1. Faktor Dokumen Pekerjaan dan Kontrak

Faktor ini berkaitan dengan dokumen administrasi dan kontrak yang digunakan selama pelaksanaan proyek. Permasalahan yang termasuk dalam faktor ini meliputi perubahan waktu pelaksanaan kerja, keterlambatan dokumen gambar perencanaan, perubahan desain dalam perencanaan, serta persetujuan izin kerja yang memerlukan waktu lama.

2. Faktor Material dan Peralatan

Faktor material dan peralatan berkaitan dengan ketersediaan, mutu, dan kelancaran distribusi material maupun peralatan yang digunakan selama pelaksanaan proyek. Permasalahan pada faktor ini meliputi perubahan spesifikasi material dan peralatan, kerusakan material atau peralatan di lapangan, kenaikan harga material, keterlambatan pengiriman material atau alat ke lokasi proyek, kelangkaan material maupun peralatan, serta rendahnya mutu material dan peralatan yang digunakan.

3. Faktor Tenaga Kerja

Faktor tenaga kerja berkaitan dengan jumlah, kemampuan, dan produktivitas pekerja. Kurangnya tenaga kerja, rendahnya keahlian, produktivitas yang rendah, serta kerja sama tim yang kurang dapat menghambat kelancaran pelaksanaan pekerjaan sehingga berpotensi menyebabkan keterlambatan proyek.

4. Faktor Kondisi Alam dan Lingkungan

Faktor ini merupakan kondisi eksternal yang berada di luar kendali pelaksana proyek, seperti kecelakaan kerja, cuaca buruk, gangguan keamanan dan kenyamanan dari pihak ketiga selama pelaksanaan proyek, serta respon masyarakat sekitar yang kurang mendukung.

5. Faktor Operasional dan Manajemen Kontraktor

Faktor ini berkaitan dengan kemampuan kontraktor dalam mengelola proyek. Permasalahan yang termasuk dalam faktor ini meliputi penjadwalan pekerjaan

yang tidak efektif, kurangnya koordinasi di lapangan, komunikasi yang buruk, konflik dengan subkontraktor atau supplier, metode pelaksanaan yang kurang efektif, serta ketidakmampuan subkontraktor dalam menyelesaikan pekerjaan.

6. Faktor Operasional dan Manajemen Pemilik Proyek (*Owner*)

Faktor ini berkaitan dengan kebijakan dan keputusan dari pihak owner yang dapat memengaruhi pelaksanaan proyek. Permasalahan yang termasuk dalam faktor ini meliputi permohonan perubahan gambar kerja saat proyek berlangsung, keterlambatan persetujuan gambar kerja, komunikasi yang kurang efektif dari pihak owner, serta keterlambatan atau ketidaksesuaian pembayaran.

3.4.3 Dampak Keterlambatan

Keterlambatan proyek merupakan kondisi ketika pelaksanaan pekerjaan tidak dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan dalam rencana atau kontrak, yang berdampak pada jadwal, biaya, kinerja, dan hubungan kerja antar pihak. Keterlambatan menyebabkan bertambahnya durasi pelaksanaan sehingga meningkatkan biaya dan menurunkan efisiensi penggunaan sumber daya. Kondisi ini juga menurunkan kinerja proyek secara keseluruhan akibat ketidaksesuaian antara rencana dan realisasi pelaksanaan, sehingga dampaknya perlu dianalisis secara komprehensif terhadap pemilik, kontraktor, dan konsultan (Pontan, 2024).

1. Dampak bagi Pemilik Proyek (*Owner*)

Keterlambatan proyek menyebabkan pemilik kehilangan kesempatan untuk memperoleh manfaat dari bangunan yang dibangun karena fasilitas tidak dapat dimanfaatkan sesuai jadwal. Hal ini mengakibatkan tertundanya potensi pendapatan serta meningkatnya biaya pengawasan, administrasi, dan biaya tidak langsung lainnya, sehingga menurunkan nilai manfaat investasi pemilik (Pontan, 2024).

2. Dampak bagi Kontraktor

Bagi kontraktor, keterlambatan proyek menyebabkan meningkatnya biaya pelaksanaan akibat bertambahnya durasi pekerjaan, termasuk biaya tenaga kerja, sewa peralatan, dan biaya operasional, serta mengganggu arus kas karena tertundanya pembayaran. Kondisi ini berdampak pada meningkatnya biaya dan

menurunnya kinerja keuangan kontraktor akibat tidak tercapainya target waktu pelaksanaan (Pontan, 2024).

3. Dampak bagi Konsultan

Keterlambatan proyek mengganggu kinerja konsultan perencana dan pengawas karena mengacaukan alokasi waktu kerja serta menurunkan tingkat kepercayaan pemilik terhadap kinerja konsultan. Kondisi ini mencerminkan ketidakefektifan pengendalian pelaksanaan yang berdampak pada penilaian kinerja seluruh pihak yang terlibat, termasuk konsultan (Pontan, 2024).

3.5 *Bored Pile*

3.5.1 Definisi Pondasi *Bored Pile*

Pondasi *bored pile* merupakan salah satu jenis pondasi dalam yang pelaksanaannya dilakukan dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu hingga mencapai kedalaman tertentu, kemudian dilanjutkan dengan pemasangan tulangan dan pengecoran beton ke dalam lubang bor tersebut. Pondasi *bored pile* digunakan untuk meneruskan beban struktur bangunan menuju lapisan tanah keras sehingga bangunan memiliki kestabilan yang baik terhadap beban vertikal maupun lateral (Sungkana dkk., 2023).

Pondasi *bored pile* termasuk pondasi tiang yang dicor di tempat (*cast in situ pile*) sehingga proses pelaksanaannya dilakukan langsung di lokasi proyek. Pondasi ini banyak digunakan pada proyek gedung bertingkat karena memiliki daya dukung yang tinggi serta dapat diterapkan pada kondisi lahan yang terbatas. Selain itu, penggunaan *bored pile* menghasilkan tingkat getaran dan kebisingan yang relatif lebih kecil dibandingkan pondasi tiang pancang sehingga lebih sesuai digunakan pada kawasan perkotaan maupun lingkungan padat bangunan (Mohdar dkk., 2024).

3.5.2 Fungsi Pondasi *Bored Pile*

Pondasi *bored pile* berfungsi untuk meneruskan beban bangunan dari struktur atas menuju lapisan tanah yang memiliki daya dukung lebih baik agar kestabilan struktur tetap terjaga. Pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah keras berada pada kedalaman tertentu sehingga pondasi dangkal tidak mampu mendukung beban bangunan secara aman (Mohdar dkk., 2024).

Selain sebagai penyalur beban, pondasi *bored pile* juga berfungsi untuk mengurangi risiko penurunan tanah (*settlement*) dan menjaga kestabilan bangunan terhadap gaya lateral maupun gaya gempa. Pada proyek gedung bertingkat, pekerjaan *bored pile* termasuk pekerjaan struktur bawah yang bersifat kritis karena menjadi dasar pelaksanaan pekerjaan struktur berikutnya. Oleh karena itu, apabila terjadi hambatan pada pekerjaan *bored pile* maka dapat memengaruhi progres pekerjaan lainnya dan menyebabkan penyimpangan terhadap jadwal proyek (Limasyudhi & Triana, 2025).

3.5.3 Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan *Bored Pile*

Pelaksanaan pekerjaan *bored pile* dilakukan melalui beberapa tahapan agar hasil pekerjaan sesuai dengan spesifikasi teknis dan mutu yang telah direncanakan. Tahapan pekerjaan *bored pile* meliputi persiapan lokasi, penentuan titik pengeboran, mobilisasi alat, proses pengeboran tanah, pembersihan lubang bor, pemasangan tulangan, dan pengecoran beton menggunakan *tremie pipe* (Mohdar dkk., 2024).

Proses pengeboran dilakukan hingga mencapai kedalaman yang telah direncanakan berdasarkan kondisi tanah di lapangan. Setelah proses pengeboran selesai dilakukan, dasar lubang bor dibersihkan untuk menghindari adanya endapan tanah yang dapat memengaruhi kualitas pondasi. Selanjutnya dilakukan pemasangan tulangan *bored pile* sesuai dengan detail perencanaan struktur (Sungkana dkk., 2023).

Selanjutnya dilakukan pengecoran beton dengan metode *tremie* agar beton terisi merata dan mengurangi risiko segregasi. Setelah itu, area kerja dibersihkan serta hasil pekerjaan dievaluasi untuk memastikan kesesuaiannya dengan persyaratan.

Tahapan pekerjaan *bored pile* memerlukan koordinasi tenaga kerja, material, dan peralatan yang baik karena setiap tahapan saling berkaitan. Apabila terjadi hambatan pada salah satu tahapan pekerjaan, maka progres pelaksanaan *bored pile* dapat mengalami penyimpangan terhadap jadwal rencana proyek.

3.5.4 Kendala pada Pekerjaan *Bored Pile*

Dalam pelaksanaannya, pekerjaan *bored pile* memiliki berbagai kendala yang dapat memengaruhi kelancaran pekerjaan di lapangan. Kendala tersebut dapat berasal dari faktor teknis maupun nonteknis, seperti kondisi tanah yang tidak sesuai, cuaca buruk, keterlambatan material, kerusakan alat, serta rendahnya produktivitas tenaga kerja (Limasyudhi & Triana, 2025).

Kondisi tanah yang lunak atau terdapat air tanah berlebih dapat menyebabkan proses pengeboran menjadi lebih sulit dan membutuhkan waktu pelaksanaan yang lebih lama. Selain itu, cuaca hujan juga dapat menghambat mobilisasi alat dan material serta menyebabkan area kerja menjadi berlumpur sehingga produktivitas pekerjaan menurun (Sungkana dkk., 2023).

Kendala lain yang sering terjadi pada pekerjaan *bored pile* adalah kerusakan alat *bored pile* dan keterlambatan pengiriman material seperti beton ready mix dan tulangan. Kondisi tersebut dapat menyebabkan pekerjaan berhenti sementara dan mengakibatkan penyimpangan jadwal pelaksanaan proyek. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian pekerjaan, koordinasi antar pihak proyek, serta pengawasan terhadap ketersediaan alat dan material agar pelaksanaan pekerjaan *bored pile* dapat berjalan sesuai target waktu yang direncanakan (Mohdar dkk., 2024).

3.6 Program Komputer Statistical Product and Service Solution (SPSS)

3.6.1 Definisi Program Komputer SPSS

Menurut Priyatno (2016) *Statistical Product and Service Solution* atau SPSS merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan analisis data statistik, meliputi uji korelasi, regresi linier, *One Way ANOVA*, serta berbagai teknik analisis lainnya. Perangkat lunak ini menjadi salah satu yang paling populer dan banyak dimanfaatkan dalam penelitian ilmiah, khususnya dalam penyusunan skripsi dan tesis. Seiring perkembangan teknologi, SPSS terus mengalami pembaruan hingga versi terbaru, seperti SPSS 31.

Secara operasional, SPSS dirancang dengan antarmuka berbasis grafis yang dilengkapi menu dan kotak dialog yang sederhana sehingga memudahkan pengguna

dalam mengolah data. SPSS mampu mengelola berbagai jenis data yang disusun dalam bentuk baris (*cases*) sebagai unit analisis dan kolom (*variables*) sebagai variabel penelitian dalam Data Editor. Selain itu, SPSS juga dilengkapi berbagai fasilitas pendukung seperti Data Editor untuk input dan pengolahan data, viewer untuk menampilkan hasil analisis, serta fitur grafik beresolusi tinggi untuk visualisasi data seperti diagram batang, pie chart, dan histogram.

Lebih lanjut, SPSS menyediakan kemampuan transformasi data, pengolahan tabel multidimensi (*pivot table*), serta akses ke *database* yang memudahkan pengguna dalam mengelola dan menganalisis data secara lebih kompleks. Fitur bantuan *online* juga tersedia untuk memandu pengguna dalam menjalankan berbagai prosedur analisis. Dengan berbagai kemudahan tersebut, SPSS menjadi alat yang efektif dan efisien dalam mendukung proses analisis data penelitian.

3.7 *Fault Tree Analysis*

3.7.1 Definisi

Menurut Alijoyo dkk. (2021), *Fault Tree Analysis* (FTA) merupakan metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyebab terjadinya suatu kegagalan atau peristiwa yang tidak diinginkan dalam suatu sistem. Metode ini dilakukan dengan pendekatan deduktif, yaitu dimulai dari kejadian puncak (*top event*) kemudian ditelusuri secara sistematis menuju faktor-faktor penyebab dasar (*basic event*) melalui hubungan logika tertentu. Dalam penerapannya, FTA menggunakan simbol gerbang logika seperti *AND* gate dan *OR* gate untuk menggambarkan hubungan sebab-akibat antar kejadian sehingga akar permasalahan dalam suatu sistem dapat diidentifikasi secara terstruktur.

Metode FTA digunakan untuk mengidentifikasi kemungkinan penyebab kegagalan dalam suatu sistem rekayasa sekaligus memperkirakan probabilitas terjadinya kegagalan tersebut. Dalam penerapannya, langkah awal yang dilakukan adalah menentukan kegagalan utama sistem yang disebut sebagai *top event*. Selanjutnya, analisis dilakukan untuk menelusuri berbagai faktor penyebab yang berpotensi memicu terjadinya *top event* tersebut.

Setelah seluruh penyebab yang berkontribusi terhadap *top event* berhasil diidentifikasi, hubungan antara penyebab-penyebab tersebut dengan *top event* digambarkan melalui hubungan logika yang disebut logical link. Diagram fault tree menyajikan kondisi setiap *basic event* (komponen dasar) serta keterkaitannya dengan *top event*. Untuk merepresentasikan hubungan tersebut, digunakan simbol grafis yang dikenal sebagai *logic gate*. Kombinasi dari berbagai *event* dalam *logic gate* akan sangat menentukan hasil keluaran dari sistem logika tersebut.

Penelitian serupa dilakukan oleh Mohdar dkk. (2024) pada proyek pembangunan Sekolah Citra Kasih Ambon, khususnya pada pekerjaan bore pile. Dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), penelitian tersebut mengidentifikasi bahwa keterlambatan proyek dipengaruhi oleh faktor alam, peralatan, dan manajemen, dengan faktor dominan berasal dari manajemen yang memiliki probabilitas sebesar 0,792, diikuti peralatan sebesar 0,489 dan faktor alam sebesar 0,066. Selain itu, *basic event* yang paling berpengaruh antara lain revisi desain oleh *owner* saat pekerjaan berlangsung, kualitas peralatan yang buruk, serta kondisi tanah lunak, dengan probabilitas total keterlambatan mencapai 0,906.

Selain itu, penelitian oleh Sungkana dkk. (2023) pada proyek pembangunan pondasi *bored pile* menunjukkan bahwa metode FTA mampu mengidentifikasi hingga 50 variabel penyebab keterlambatan yang berasal dari faktor *owner*, manajemen konstruksi, kontraktor, lingkungan, dan K3. Melalui analisis diagram Pareto, diperoleh faktor dominan yang sebagian besar dipengaruhi oleh pihak *owner*, seperti keterlambatan persiapan lahan, perubahan desain, serta kendala perizinan, yang kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan FTA untuk menentukan akar penyebab keterlambatan.

Dengan demikian, metode *Fault Tree Analysis* terbukti efektif dalam memberikan pendekatan yang sistematis untuk mengidentifikasi faktor penyebab keterlambatan proyek konstruksi, baik dari aspek teknis maupun manajerial, serta membantu dalam menentukan langkah mitigasi yang tepat.

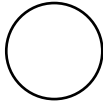
3.7.2 Simbol FTA (*Fault Tree Analysis*)

Simbol-simbol pada FTA (*Fault Tree Analysis*) dibagi tiga, yaitu simbol kejadian, simbol gerbang, dan simbol transfer.

1. Simbol kejadian

Simbol kejadian adalah simbol yang berisi kejadian atau event pada sistem. Berikut simbol-simbol kejadian beserta nama simbol dan keterangan simbol yang terdapat pada tabel 3.1 berikut:

Tabel 3. 5 Tabel Simbol Kejadian

No.	Simbol	Nama Simbol	Keterangan Simbol
1.		<i>Basic event</i>	Peristiwa kegagalan dasar yang tidak dapat diuraikan lebih lanjut penyebabnya.
2.		<i>Intermediate Event</i>	Kejadian antara yang terjadi akibat kombinasi beberapa kegagalan input melalui gerbang logika

Sumber: Alijoyo dkk. (2021)

2. Simbol gerbang

Simbol gerbang berfungsi untuk menyatakan hubungan kejadian *input* yang mengarah ke kejadian *output*. Berikut simbol-simbol gerbang beserta nama simbol dan keterangan simbol pada tabel 3.2 berikut:

Tabel 3. 6 Tabel Simbol Gerbang

No.	Simbol	Nama Simbol	Keterangan Simbol
1.		<i>OR Gate</i>	Menunjukkan bahwa <i>output</i> terjadi apabila salah satu atau lebih input mengalami kegagalan.
2.		<i>AND Gate</i>	Menunjukkan bahwa <i>output</i> hanya akan terjadi apabila seluruh <i>input</i> mengalami kegagalan secara bersamaan.

Sumber: Alijoyo dkk. (2021)

3. Simbol transfer

Simbol transfer digunakan untuk menghubungkan satu bagian ke bagian lain. Berikut simbol-simbol transfer beserta nama simbol dan keterangan simbol pada tabel 3.3 berikut:

Tabel 3. 7 Tabel Simbol Transfer

No.	Simbol	Nama Simbol	Keterangan Simbol
1.		<i>Transfer In</i>	Menyatakan bahwa <i>fault tree</i> dikembangkan lebih lanjut pada kejadian yang memiliki hubungan dengan <i>Transfer Out</i> .
2.		<i>Transfer Out</i>	Menyatakan bahwa bagian dari <i>fault tree</i> harus berkaitan dengan <i>Transfer In</i> .

Sumber: Alijoyo dkk. (2021)

3.7.3 Keunggulan Metode FTA (*Fault Tree Analysis*)

1. Pendekatan deduktif (*top-down*)

Analisis diawali dari kejadian puncak (*top event*), yaitu penyimpangan proyek, kemudian ditelusuri hingga mencapai penyebab dasar (*Basic event*). Pendekatan ini memungkinkan hubungan sebab–akibat diuraikan secara jelas dan tersusun secara hierarkis.

2. Struktur analisis logis terukur

FTA menggunakan simbol gerbang logika *AND* dan *OR* untuk menggambarkan hubungan antar faktor penyebab. Hal ini mempermudah dalam mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya penyimpangan proyek secara terstruktur.

3. Cocok untuk sistem kompleks seperti proyek konstruksi

Metode ini sangat sesuai diterapkan pada proyek konstruksi yang melibatkan berbagai aspek, seperti tenaga kerja, material, peralatan, metode kerja, dan manajemen, sehingga mampu menggambarkan keterkaitan antar faktor secara komprehensif.

4. Visual dan komunikatif

Hasil analisis FTA disajikan dalam bentuk diagram pohon kesalahan (*fault tree diagram*), sehingga memudahkan pemahaman terhadap alur penyebab penyimpangan tanpa memerlukan penjelasan yang panjang.

5. Mendukung proses pengambilan keputusan perbaikan

Dengan mengidentifikasi akar penyebab yang dominan, FTA dapat membantu dalam merumuskan strategi perbaikan yang tepat untuk meminimalkan penyimpangan pada proyek konstruksi.

3.7.4 Tahapan Pengerjaan

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat antara kejadian puncak (*top event*) dengan kejadian dasar (*basic event*) dalam suatu sistem. Metode ini digunakan untuk menelusuri faktor-faktor penyebab suatu permasalahan secara sistematis melalui hubungan logika menggunakan *AND gate* dan *OR gate*. Berdasarkan penerapan metode pada penelitian Nabilah & Ketut Sucita (2022), tahapan *Fault Tree Analysis* (FTA) dalam penelitian ini meliputi:

1. Menentukan faktor dan variabel penelitian

Faktor dan variabel penyebab penyimpangan proyek ditentukan berdasarkan studi pustaka, observasi lapangan, wawancara, serta hasil kuesioner yang disesuaikan dengan kondisi proyek. Variabel penelitian kemudian dikelompokkan berdasarkan faktor-faktor yang memengaruhi penyimpangan pekerjaan *bored pile*.

2. Menyusun diagram *Fault Tree Analysis* (FTA)

Diagram *fault tree* disusun dengan menentukan *top event*, *intermediate event*, dan *basic event* yang dihubungkan menggunakan *logic gate* berupa *AND gate* dan *OR gate*. Diagram ini digunakan untuk menggambarkan hubungan logis antar faktor penyebab penyimpangan proyek secara sistematis.

3. Menentukan *minimal cut set*

Penentuan *cut set* dan *minimal cut set* dilakukan menggunakan pendekatan Aljabar *Boolean* berdasarkan hubungan logika pada diagram *Fault Tree Analy-*

sis (FTA). Proses ini bertujuan untuk mengetahui kombinasi *basic event* yang dapat menyebabkan terjadinya *top event*.

4. Menghitung probabilitas *basic event*

Probabilitas masing-masing *basic event* pada metode Fault Tree Analysis (FTA) diperoleh berdasarkan indeks frekuensi kejadian dari hasil kuesioner responden. Nilai probabilitas digunakan untuk menentukan faktor dominan penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*.

$$P = \frac{\text{Jumlah skor indikator}}{\text{Jumlah total seluruh skor}} \quad (3.2)$$

dengan:

P = probabilitas *basic event*

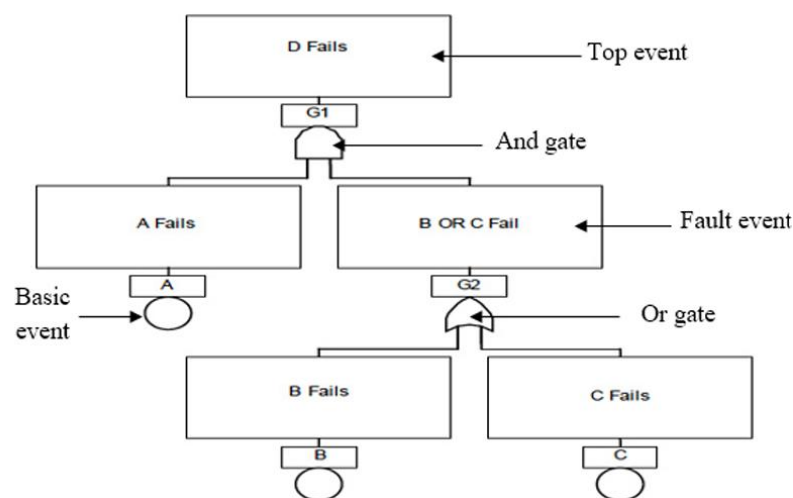
Jumlah skor indikator = total skor pada masing-masing indikator

Jumlah total skor = total keseluruhan skor indikator penelitian

5. Melakukan analisis dan pembahasan hasil

Hasil analisis probabilitas dan *minimal cut set* digunakan untuk mengidentifikasi faktor dominan penyebab penyimpangan proyek serta hubungan antar faktor yang memengaruhi pekerjaan *bored pile*.

Berikut ini adalah contoh permodelan *Fault Tree Analysis*.



Gambar 3. 1 Permodelan *Fault Tree Analysis*

(Sumber: Pandapotan Pasaribu dkk., 2017)

3.7.5 Aljabar *Booleen*

Menurut Puspitasari & Hindun Mayrohmah (2023) Aljabar *Boolean* merupakan cabang matematika dan logika yang digunakan untuk mengolah simbol biner serta logika proposisional. Aljabar Boolean berperan penting dalam analisis gerbang logika, perancangan rangkaian digital, dan pengembangan sistem komputasi.

3.7.5.1 Definisi Aljabar *Booleen*

Misalkan:

1. Dua operator biner: $+$ dan $.$
2. Sebuah operator uner: $'$
3. B : himpunan yang didefinisikan pada operator $+$, $.$ dan $'$
4. 0 dan 1 adalah dua elemen yang berbeda dari B

Disebut aljabar *Boolean* jika $a, b, c \in B$.

Untuk mempunyai sebuah aljabar *Boolean*, harus memperlihatkan:

1. Elemen-elemen himpunan B .
2. Kaidah operasi untuk biner dan operator uner.
3. Memenuhi aksioma-aksioma.

3.7.5.2 Ekspresi *Booleen*

Misalkan $(B, +, ., ')$ merupakan sebuah aljabar *Boolean*, maka ekspresi *Boolean* dalam $(B, +, ., ')$ adalah:

1. Setiap elemen di dalam B
2. Setiap perubah
3. Jika e_1 dan e_2 adalah ekspresi *Boolean*, maka $e_1 + e_2$, $e_1 \cdot e_2$, e_1' adalah ekspresi *Boolean*.

Dua ekspresi *Boolean* dinyatakan ekivalen yang dilambangkan dengan $=$ jika keduanya mempunyai nilai yang sama untuk setiap pemberian nilai-nilai kepada n perubah.

3.7.5.3 Notasi Operator

OR, *AND*, dan *NOT* (komplemen) merupakan operator logika dasar yang terdapat dalam aljabar *Boolean*.

1. Operator *OR* (atau) merupakan penjumlahan *Boolean* mempunyai simbol (+) dimana variabel *Boolean* $x \in B$ bernilai:

$$1 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$0 + 1 = 1$$

$$0 + 0 = 0$$

2. Operator *AND* (dan) merupakan perkalian *Boolean* mempunyai simbol (.) dimana variabel *Boolean* $x \in B$ bernilai:

$$1 \cdot 1 = 1$$

$$1 \cdot 0 = 0$$

$$0 \cdot 1 = 0$$

$$0 \cdot 0 = 0$$

3. Operator *NOT* atau komplemen dinotasikan (') dimana variabel $x \in B$ bernilai:

$$0' = 1$$

$$1' = 0$$

3.7.5.4 Hukum-hukum Aljabar *Boolean*

Tabel berikut merupakan hukum-hukum yang terdapat pada Aljabar *Boolean*.

Tabel 3. 8 Hukum-hukum Aljabar *Boolean*

No.	Jenis Hukum	Gerbang <i>OR</i>	Gerbang <i>AND</i>
1.	Komutatif	$A + B = B + A$	$A \cdot B = B \cdot A$
2.	Asosiatif	$A + (B + C) = (A + B) + C$	$A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$
3.	Distributif	$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$	$A + B \cdot C = (A + B) \cdot (A + C)$
4.	Teorema Dualitas	$A + 0 = A = A \cdot 1$ $A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$	$A \cdot 1 = A = A + 0$ $A + B \cdot C = (A + B)(A + C)$
5.	Aljabar <i>Boolean</i> jika dengan 1 identitas	$A + 0 = A$ $A + 1 = A$ $A \cdot A = A$	$A \cdot 0 = 0$ $A \cdot 1 = A$ $A \cdot A = A$
6.	Aljabar <i>Boolean</i> jika dengan pembalikannya	$A + \bar{A} = 1$	$A \cdot \bar{A} = 0$
7.	De Morgan	$\overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$	$\overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}$
8.	Aljabar <i>Boolean</i> jumlah hasil kali	$A + A \cdot B = A$ $A + \bar{A} \cdot B = A + B$	$\bar{A} \cdot (A + B) = A$ $A \cdot (\bar{A} + B) = A \cdot B$

Sumber: Fitria & Faisal (2009)

Hukum-hukum aljabar Boolean tersebut digunakan untuk menentukan *minimal cut set*, yaitu proses penyederhanaan ekspresi *Boolean* yang diperoleh dari hasil analisis *fault tree*.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metodologi penelitian digunakan sebagai kerangka kerja yang sistematis untuk memperoleh data yang diperlukan dalam mencapai tujuan penelitian. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif deskriptif yang bertujuan mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor penyebab penyimpangan jadwal pada Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah berdasarkan persepsi responden melalui kuesioner.

Data yang diperoleh diolah menggunakan perangkat lunak IBM SPSS untuk menguji validitas dan reliabilitas instrumen penelitian, kemudian dianalisis menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Metode FTA digunakan untuk menggambarkan hubungan sebab-akibat antar faktor penyebab penyimpangan jadwal, menentukan *minimal cut set*, serta menghitung probabilitas setiap *basic event* sehingga dapat diidentifikasi faktor-faktor yang paling dominan menyebabkan penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*.

4.2 Lokasi Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan di Jl. KRT Soeradji Tirtonegoro, Kec. Klaten Selatan, Kota Klaten, Jawa Tengah. Studi kasus yang penulis angkat yaitu Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut :



Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian
(Sumber: *Google Earth*, 2025)

4.3 Metode Pengumpulan Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Kedua data tersebut merupakan data yang mendukung dalam mendapatkan nilai yang dicari, berikut penjelasannya :

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari sumber penelitian melalui penyebaran kuesioner kepada responden yang terlibat dalam proyek. Selain itu, observasi lapangan dilakukan untuk memperoleh gambaran mengenai kondisi pelaksanaan proyek, serta wawancara digunakan sebagai data pendukung untuk memperkuat hasil penelitian.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari pihak kontraktor atau pelaksana proyek dan terdiri atas informasi yang berkaitan dengan kondisi pelaksanaan di lapangan. Mengingat data tersebut memiliki tingkat kepentingan yang tinggi bagi proses analisis, pihak kontraktor menerapkan ketentuan tertentu agar data yang diberikan digunakan secara tepat dan tidak disebarluaskan di luar kepentingan penelitian.

Dalam penelitian ini, data sekunder yang digunakan untuk menganalisis penyimpangan proyek meliputi:

a. *Time Schedule* (Kurva-S) rencana dan *time schedule* realisasi

Time schedule merupakan perencanaan alokasi waktu untuk menyelesaikan setiap item pekerjaan dalam proyek, yang secara keseluruhan menggam-

barkan durasi pelaksanaan proyek dari awal hingga akhir. *Time schedule* rencana merupakan jadwal awal yang disusun oleh konsultan perencanaan bersama *owner* sebagai acuan durasi penyelesaian proyek. Sementara itu, *time schedule* realisasi adalah jadwal yang diperbarui melalui proses *reschedule* pada saat pelaksanaan, yang disusun untuk memperkirakan waktu penyelesaian sebenarnya di lapangan ketika terjadi perbedaan antara rencana awal dan kondisi pelaksanaan proyek.

b. Laporan Harian/Mingguan Proyek.

4.4 Kuesioner

Kuesioner dalam penelitian ini disusun dalam bentuk pernyataan yang dilengkapi dengan beberapa pilihan jawaban untuk memperoleh data primer mengenai persepsi responden terhadap faktor-faktor penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Instrumen penelitian ini disebarkan kepada 35 responden yang berasal dari pihak kontraktor pelaksana Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah. Jumlah responden tersebut ditetapkan berdasarkan personel proyek yang memenuhi kriteria penelitian dan bersedia berpartisipasi dalam pengisian kuesioner.

Responden dalam penelitian ini dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu teknik penentuan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu sesuai dengan tujuan penelitian. Pemilihan responden didasarkan pada keterlibatan mereka dalam Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah selama pekerjaan *bored pile* berlangsung. Dengan demikian, responden diharapkan memiliki pengalaman terhadap kondisi pelaksanaan proyek sehingga dapat memberikan penilaian berdasarkan pengamatan dan pengalaman selama pelaksanaan proyek. Adapun kriteria responden dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berasal dari pihak kontraktor pelaksana proyek.
2. Terlibat dalam pelaksanaan maupun pengelolaan proyek selama pekerjaan *bored pile* berlangsung.

3. Memiliki pengalaman kerja pada proyek sehingga mengetahui proses pelaksanaan proyek sesuai dengan tugas dan tanggung jawabnya.
4. Bersedia menjadi responden penelitian.

Responden berasal dari berbagai divisi, yaitu *Project Manager*, *Staff Engineering*, *Staff Commercial*, *Staff Procurement*, *Staff Finance*, *Staff QHSE*, dan *Staff QC*. Pemilihan responden dari berbagai divisi dilakukan karena penelitian ini bertujuan memperoleh persepsi personel proyek terhadap faktor-faktor penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Oleh karena itu, seluruh responden diberikan instrumen kuesioner yang sama untuk memperoleh gambaran persepsi secara menyeluruh berdasarkan pengalaman dan keterlibatan mereka selama pelaksanaan proyek.

Adapun struktur kuesioner terdiri dari beberapa bagian sebagai berikut:

1. Profil Responden

Bagian ini memuat informasi umum mengenai identitas responden, meliputi nama, jabatan, dan pengalaman kerja. Data identitas responden digunakan untuk mengetahui karakteristik responden yang berpartisipasi dalam penelitian serta memastikan bahwa responden memenuhi kriteria yang telah ditetapkan. Informasi tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penyajian profil responden pada hasil penelitian.

2. Pertanyaan Kuesioner

Bagian ini berisi pernyataan yang bertujuan untuk mengetahui persepsi responden terhadap faktor-faktor penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* yang terjadi pada Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah. Penilaian jawaban responden menggunakan skala Likert menurut Sugiyono (2019), dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Tidak pernah terjadi diberikan nilai 1
- b. Kemungkinan kecil terjadi diberikan nilai 2
- c. Kadang-kadang terjadi diberikan nilai 3
- d. Sering terjadi diberikan nilai 4
- e. Selalu terjadi diberikan nilai 5

4.5 Variabel Penelitian

Berdasarkan landasan teori yang telah diuraikan, variabel dan indikator penelitian mengacu pada penelitian Limasyudhi & Triana (2025), kemudian disesuaikan dengan karakteristik pekerjaan *bored pile* berdasarkan hasil observasi lapangan selama kegiatan magang dan dikonfirmasi melalui wawancara dengan pihak proyek. Variabel dan indikator tersebut digunakan sebagai dasar dalam penyusunan butir-butir pertanyaan kuesioner yang disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 2 Variabel dan Indikator Penelitian

Variabel	Indikator
Dokumen Pekerjaan dan Kontrak	Berubahnya waktu pelaksanaan kerja
	Keterlambatan dokumen gambar perencanaan
	Adanya perubahan desain dalam perencanaan
	Persetujuan izin kerja yang memakan waktu lama
Material dan Peralatan	Perubahan spesifikasi pada material dan peralatan yang digunakan
	Kerusakan material dan peralatan pada saat dilapangan
	Kenaikan harga barang yang berhubungan dengan proyek
	Keterlambatan pengiriman material/alat ke lokasi proyek
	Kelangkaan atau kesulitan pendapatan material/alat
	Rendahnya mutu material/alat yang digunakan
Tenaga Kerja	Kurangnya tenaga kerja yang ada
	Kurangnya keahlian tenaga kerja yang ada
	Kurangnya produktivitas yang dihasilkan oleh tiap tenaga kerja
	Kerjasama tim yang kurang
Kondisi Alam dan Lingkungan	Terjadinya kecelakaan kerja di area proyek
	Cuaca yang buruk di sekitar proyek

Lanjutan Tabel 4. 3 Variabel dan Indikator Penelitian

Variabel	Indikator
	Gangguan keaamanan dan kenyamanan dari pihak ketiga selama proyek berjalan
	Respon dari Masyarakat sekitar yang kurang
Operasional dan Manajemen Kontraktor	Rencana penjadwalan pekerjaan yang tidak efektif
	Kurangnya kelancaran dalam kas keuangan pada lapangan dari kontraktor
	Komunikasi yang buruk dalam pelaksanaan proyek
	Adanya konflik antara kontraktor dengan sub kontraktor atau supplier
	Kurangnya keefektifan dalam metode pelaksanaan
	Ketidakmampuan sub-kontraktor dalam penyelesaian pekerjaan
Operasional dan Manajemen Pemilik Proyek (Owner)	Permohonan perubahan gambar kerja pada saat proyek berjalan.
	Terlambatnya persetujuan untuk menyetujui gambar kerja
	Komunikasi yang buruk terhadap pihak lain
	Keterlambatan atau ketidaksesuaian pada proses pembayaran

Sumber: Limasyudhi & Triana (2025)

4.6 Uji Instrumen Penelitian

4.6.1 Uji Validitas

Uji validitas dilakukan untuk mengetahui tingkat ketepatan instrumen penelitian dalam mengukur variabel yang diteliti, yaitu faktor-faktor penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* pada Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah. Instrumen yang valid menunjukkan bahwa butir pertanyaan pada kuesioner mampu mengukur variabel yang seharusnya diukur sehingga data yang diperoleh dapat dipercaya. Menurut Sugiyono (2019),

instrumen yang valid merupakan alat ukur yang dapat digunakan untuk mengukur apa yang seharusnya diukur.

Pengujian validitas pada penelitian ini dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak SPSS melalui menu *Reliability Analysis* dengan melihat nilai *Corrected Item-Total Correlation* (CITC). Nilai *Corrected Item-Total Correlation* menunjukkan tingkat hubungan antara skor masing-masing item pertanyaan dengan skor total variabel. Semakin tinggi nilai korelasi yang diperoleh, maka semakin baik item pertanyaan tersebut dalam merepresentasikan variabel penelitian.

Secara umum, dasar pengujian validitas mengacu pada korelasi *Product Moment Pearson* dengan persamaan sebagai berikut:

$$r_{xy} = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2)(n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \quad (4.1)$$

dengan:

r = Koefisien Korelasi *Product Moment*

n = Jumlah Responden

$\sum X$ = Jumlah Skor Butir (x)

$\sum Y$ = Jumlah Skor Variabel (y)

$\sum XY$ = Jumlah perkalian antara butir (x) dengan Skor Variabel (y)

$\sum X^2$ = Jumlah Kuadrat Skor Butir (x)

$\sum Y^2$ = Jumlah Kuadrat Skor Variabel (y)

Jumlah responden pada penelitian ini sebanyak 35 responden sehingga diperoleh nilai r tabel pada taraf signifikansi 5% sebesar 0,334. Dasar pengambilan keputusan dalam uji validitas adalah sebagai berikut:

1. Jika nilai *Corrected Item-Total Correlation* > r tabel (0,334), maka item pertanyaan dinyatakan valid,
2. Jika nilai *Corrected Item-Total Correlation* < r tabel (0,334), maka item pertanyaan dinyatakan tidak valid,
3. Jika nilai korelasi bernilai negatif, maka item pertanyaan dinyatakan tidak valid.

Item pertanyaan yang dinyatakan valid selanjutnya digunakan dalam proses pengolahan data untuk menganalisis faktor-faktor penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* pada Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah.

4.6.2 Uji Reliabilitas

Menurut Sugiyono (2019), uji reliabilitas digunakan untuk mengetahui tingkat konsistensi suatu instrumen penelitian apabila digunakan beberapa kali untuk mengukur objek yang sama. Instrumen yang reliabel menunjukkan bahwa alat ukur tersebut mampu memberikan hasil yang konsisten dan dapat dipercaya. Jika instrumen kuesioner tidak reliabel, maka data yang dihasilkan menjadi kurang dapat dipercaya sehingga dapat memengaruhi hasil penelitian.

Uji reliabilitas pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat konsistensi item pertanyaan pada kuesioner mengenai faktor-faktor penyebab Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah. Pengujian reliabilitas dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak SPSS dengan metode *Alpha Cronbach*.

Rumus reliabilitas menggunakan metode *Alpha Cronbach* adalah sebagai berikut:

$$r_{11} = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum \sigma_b^2}{\sigma_t^2} \right) \quad (4.2)$$

dengan:

r_{11} = reliabilitas instrumen

k = jumlah item pertanyaan

$\sum \sigma_b^2$ = jumlah varians butir pertanyaan

σ_t^2 = varians total

Salah satu metode yang umum digunakan adalah *Alpha Cronbach*, yang memiliki rentang nilai dari 0 hingga 1. Nilai tersebut kemudian diinterpretasikan ke dalam beberapa kategori tingkat reliabilitas, yaitu:

1. Nilai *Alpha Cronbach* 0,00–0,20 kurang reliabel,
2. Nilai *Alpha Cronbach* 0,21–0,40 agak reliabel,

3. Nilai *Alpha Cronbach* 0,41–0,60 cukup reliabel,
4. Nilai *Alpha Cronbach* 0,61–0,80 reliabel,
5. Nilai *Alpha Cronbach* 0,81–1,00 sangat reliabel.

4.7 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelusuran referensi dan studi pustaka
 Penelusuran referensi dilakukan untuk memperoleh landasan teori dan metode yang relevan dengan analisis penyimpangan proyek konstruksi menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA).
2. Identifikasi permasalahan penyimpangan proyek
 Mengidentifikasi permasalahan penyimpangan yang terjadi pada Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah berdasarkan dokumen proyek dan informasi awal dari pihak terkait.
3. Penentuan objek penelitian
 Menetapkan objek penelitian berupa Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah sebagai lokasi dan sumber data penelitian.
4. Penentuan variabel penelitian
 Penentuan variabel penelitian dilakukan berdasarkan studi pustaka, penelitian terdahulu, dan kondisi pada objek penelitian.
5. Penyusunan dan penyebaran kuesioner
 Menyusun instrumen penelitian berupa kuesioner dengan Skala Likert yang kemudian disebarkan kepada responden yang terlibat dalam proyek.
6. Pengolahan data dengan SPSS
 Data hasil kuesioner diolah menggunakan perangkat lunak SPSS untuk dilakukan uji validitas dan uji reliabilitas sebagai pengujian kelayakan instrumen penelitian.
7. Analisis dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA)
 Penyusunan diagram FTA (*top event*, *intermediate event*, dan *basic event*) untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat penyimpangan proyek.

8. Penentuan *minimal cut set* dan perhitungan probabilitas

Menentukan *minimal cut set* menggunakan Aljabar *Boolean* pada diagram *Fault Tree Analysis* (FTA), kemudian menghitung probabilitas masing-masing *basic event* berdasarkan hasil kuesioner untuk mengidentifikasi faktor dominan penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*.

9. Pembahasan hasil analisis

Menganalisis hasil FTA dan probabilitas untuk menentukan faktor dominan penyebab penyimpangan proyek.

4.8 Analisis data

Teknik analisis data dalam penelitian ini dilakukan menggunakan SPSS dan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mengidentifikasi faktor dominan penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. *Top event* dalam penelitian ini adalah penyimpangan jadwal pada pekerjaan *bored pile*. Tahapan analisis data meliputi:

1. Uji validitas

Dilakukan menggunakan Korelasi Pearson untuk mengetahui kelayakan item kuesioner.

2. Uji reliabilitas

Dilakukan menggunakan Cronbach Alpha untuk mengukur konsistensi instrumen.

3. *Fault Tree Analysis* (FTA)

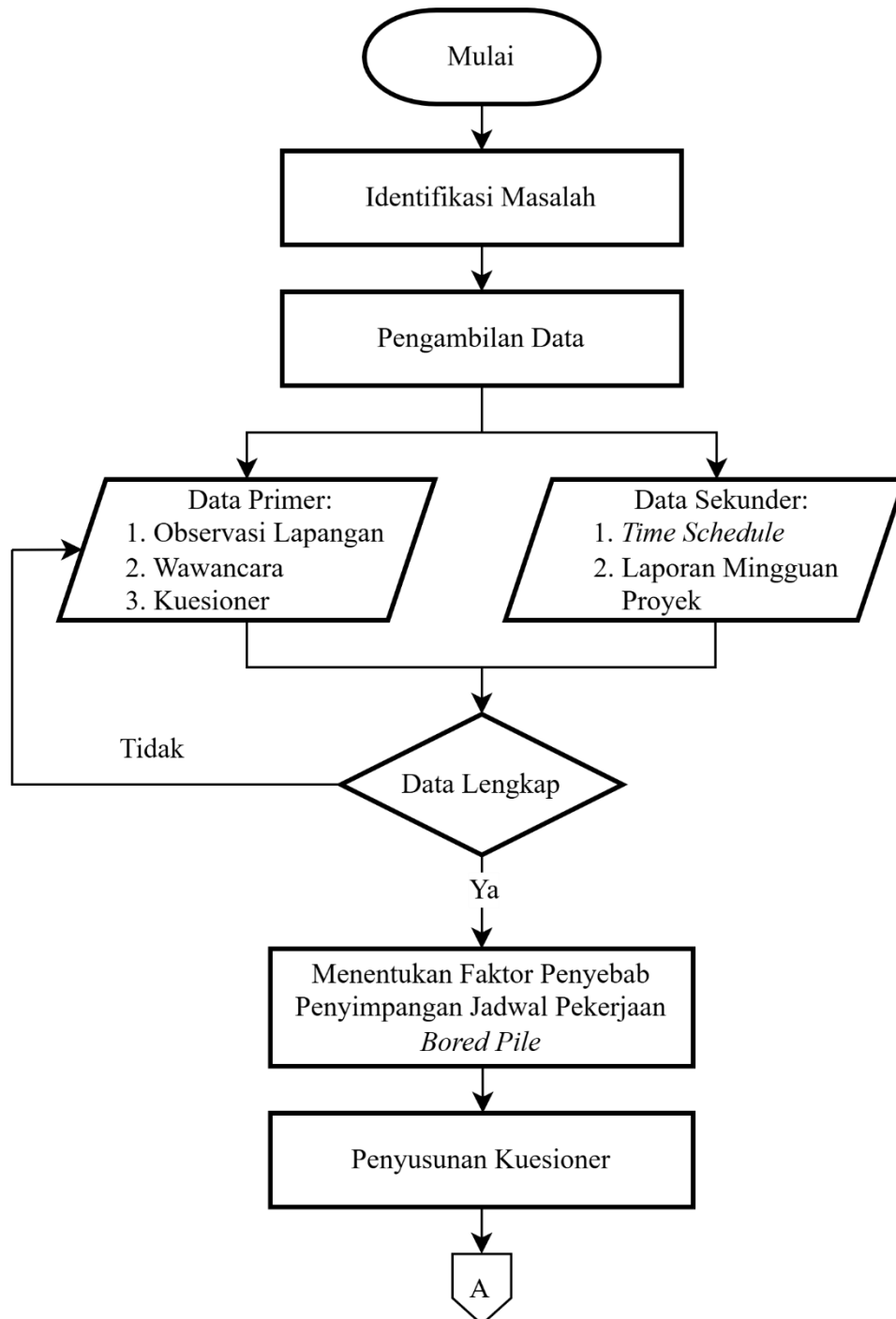
Analisis dilakukan dengan menyusun diagram FTA, menentukan *minimal cut set* menggunakan Aljabar *Boolean*, serta menghitung probabilitas *basic event* untuk mengetahui faktor dominan penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*.

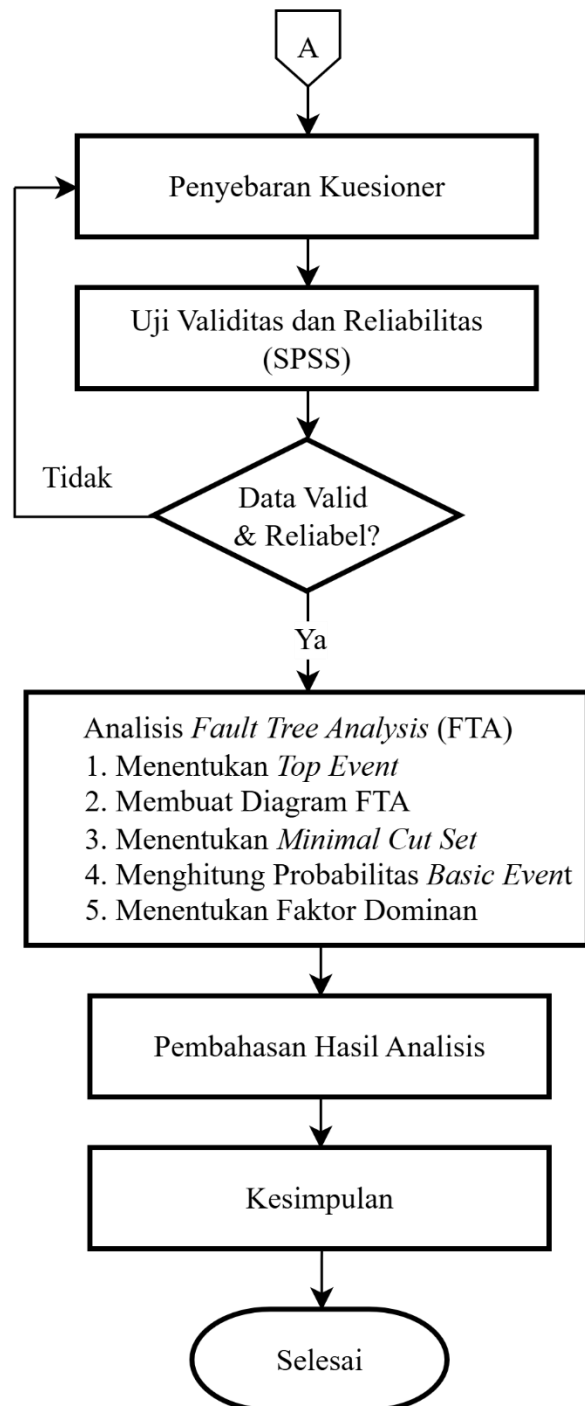
4. Pembahasan hasil analisis

Hasil analisis probabilitas dan identifikasi kombinasi faktor dominan digunakan untuk menjelaskan faktor-faktor yang memengaruhi penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*.

4.9 Bagan Alir

Alur tahapan penelitian dalam studi ini ditampilkan dalam bagan alir berikut ini:





Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengambilan Data

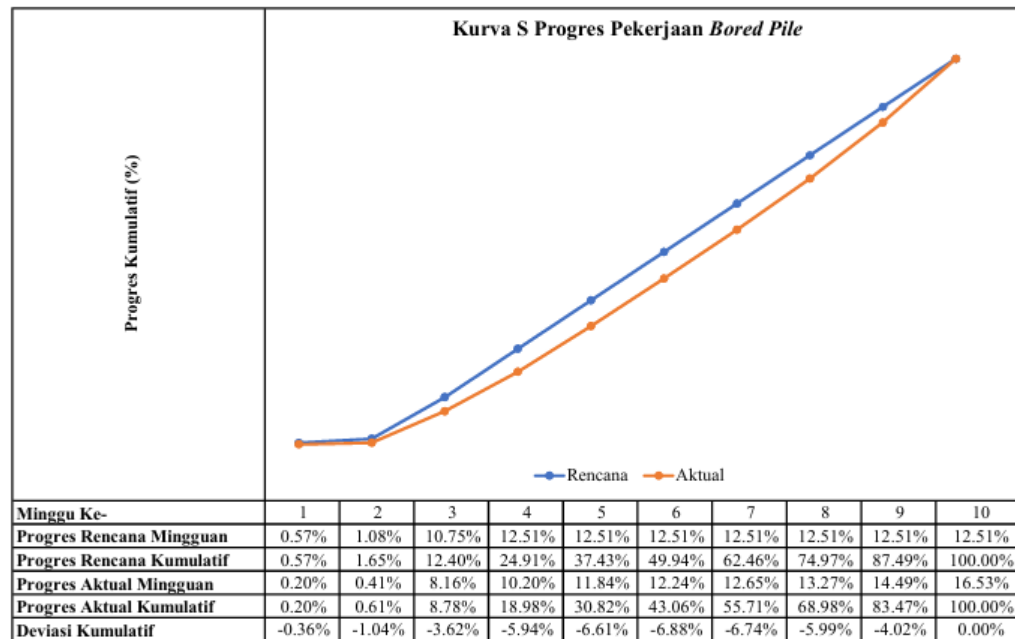
Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah, khususnya pada pekerjaan pondasi *bored pile*. Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui penyebaran kuesioner dan wawancara kepada pihak-pihak yang terlibat langsung dalam pelaksanaan pekerjaan *bored pile*, sedangkan data sekunder diperoleh dari dokumen proyek berupa *time schedule* dan laporan mingguan proyek.

Data progres proyek digunakan untuk mengidentifikasi adanya penyimpangan antara progres rencana dan progres aktual pada pekerjaan *bored pile*. Berdasarkan hasil evaluasi kurva-S mingguan, diketahui bahwa pekerjaan *bored pile* mengalami penyimpangan jadwal pada beberapa periode pelaksanaan. Penyimpangan tersebut ditunjukkan melalui nilai deviasi negatif antara progres aktual terhadap progres rencana proyek.

Selanjutnya, data hasil kuesioner digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

5.2 Identifikasi Penyimpangan Jadwal Pekerjaan *Bored pile*

Berdasarkan hasil evaluasi pekerjaan *bored pile*, diketahui bahwa progres aktual berada di bawah progres rencana sejak minggu ke-1 hingga minggu ke-9 pelaksanaan. Kondisi tersebut menunjukkan adanya penyimpangan jadwal yang ditandai dengan keterlambatan progres pelaksanaan dibandingkan dengan target yang telah direncanakan. Besarnya penyimpangan antara progres rencana dan progres aktual selama pelaksanaan pekerjaan *bored pile* disajikan pada Gambar 5.1.



Gambar 5. 1 Kurva S Progres Pekerjaan Bored Pile

(Sumber: Data Proyek, 2025)

Berdasarkan Gambar 5.1 deviasi progres meningkat secara bertahap hingga mencapai nilai maksimum sebesar -6,88% pada minggu ke-6. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pelaksanaan pekerjaan *bored pile* mengalami penyimpangan yang cukup signifikan dibandingkan dengan jadwal yang telah direncanakan. Setelah minggu ke-6, nilai deviasi terus mengalami penurunan hingga mencapai 0,00% pada minggu ke-10, yang menunjukkan bahwa kontraktor berhasil melakukan percepatan dan pengendalian pelaksanaan pekerjaan sehingga progres aktual kembali sesuai dengan progres rencana. Hal tersebut mengindikasikan bahwa upaya pengendalian proyek yang dilakukan mampu mengembalikan kinerja waktu pekerjaan sesuai target yang telah ditetapkan.

Meskipun pekerjaan *bored pile* dapat diselesaikan sesuai jadwal, penyimpangan yang terjadi tetap perlu dianalisis karena berpotensi memengaruhi kelancaran pekerjaan berikutnya. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat serta menentukan faktor yang paling dominan terhadap penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*.

5.3 Hasil Penelitian

5.3.1 Profil Responden

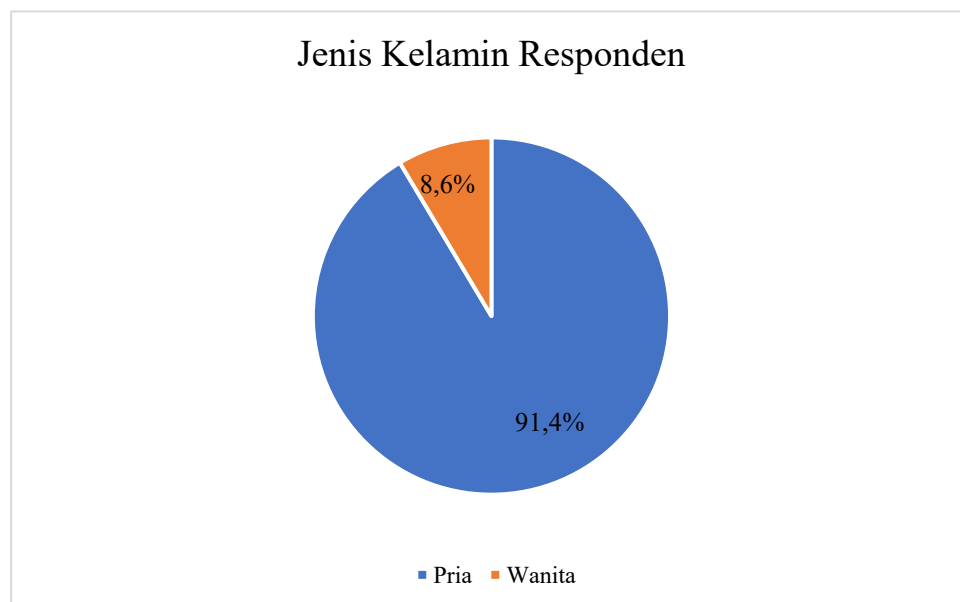
Survei dilakukan terhadap 35 responden yang berasal dari pihak kontraktor. Data hasil survei digunakan untuk memperoleh informasi mengenai karakteristik responden, yang kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Bagian ini terdiri atas:

1. Jenis Kelamin Responden

Dalam penelitian ini, jenis kelamin responden dibagi menjadi dua kategori, yaitu pria dan wanita. Penjelasan lebih lanjut disajikan pada tabel dan gambar berikut ini:

Tabel 5. 1 Jenis Kelamin Responden

No	Jenis Kelamin	Jumlah Responden	Persentase (%)
1	Pria	32	91,4
2	Wanita	3	8,6
Jumlah		35	100



Gambar 5. 2 Jenis Kelamin Responden

Pengolahan data berdasarkan jenis kelamin dilakukan terhadap 35 responden. Responden dibagi menjadi dua kategori, yaitu pria dan wanita. Hasil

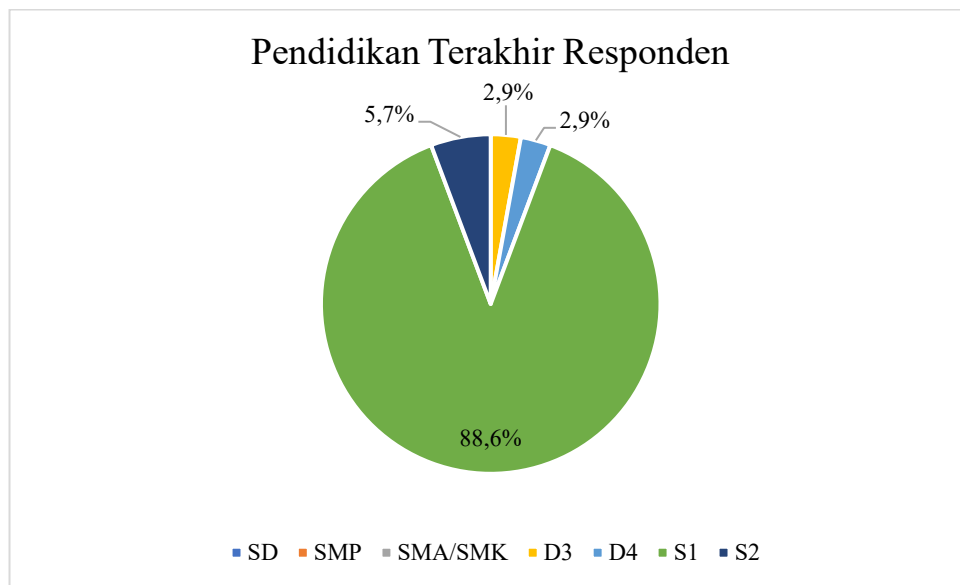
pengumpulan data menunjukkan bahwa sebanyak 32 responden berjenis kelamin pria dengan persentase 91,4%, sedangkan 3 responden berjenis kelamin wanita dengan persentase 8,6%. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa mayoritas responden dalam penelitian ini adalah pria dengan persentase sebesar 91,4%.

2. Pendidikan Terakhir Responden

Dalam penelitian ini juga dilakukan pengumpulan data mengenai tingkat pendidikan terakhir responden. Adapun rinciannya dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut:

Tabel 5. 2 Pendidikan Terakhir Responden

No	Pendidikan Terakhir	Jumlah Responden	Persentase
1	SD	0	0
2	SMP	0	0
3	SMA/SMK	0	0
4	D3	1	2,9
5	D4	1	2,9
6	S1	31	88,6
7	S2	2	5,7
Jumlah		35	100



Gambar 5. 3 Pendidikan Terakhir Responden

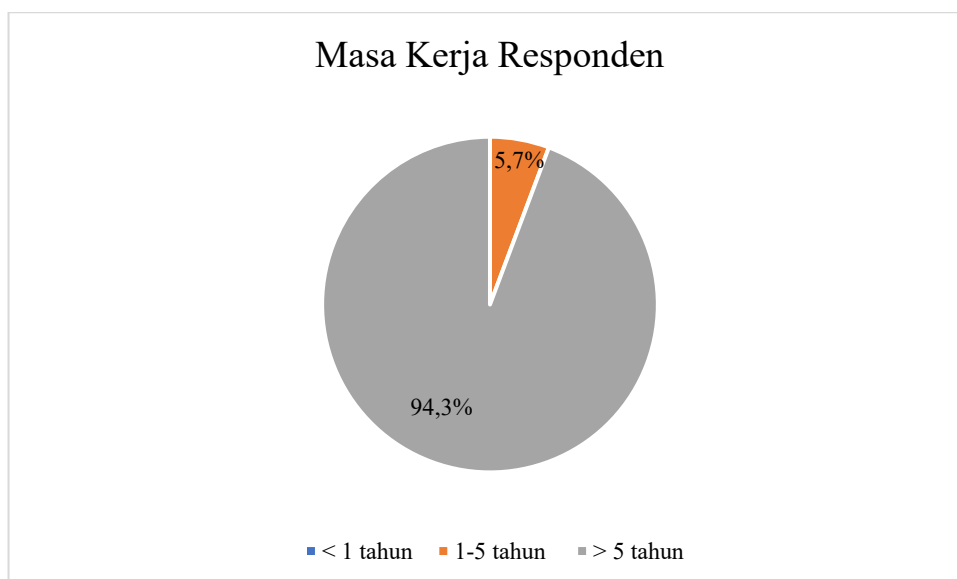
Dari data survei diperoleh informasi mengenai tingkat pendidikan terakhir responden. Berdasarkan data tersebut, tidak terdapat responden dengan pendidikan SD, SMP, maupun SMA/SMK. Responden dengan pendidikan D3 sebanyak 1 orang dengan persentase 2,9%, pendidikan D4 sebanyak 1 orang dengan persentase 2,9%, kemudian mayoritas responden memiliki tingkat pendidikan S1 sebanyak 31 orang dengan persentase 88,5%, sedangkan responden dengan pendidikan S2 sebanyak 2 orang dengan persentase 5,7%. Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas responden berpendidikan sarjana.

3. Masa Kerja Responden

Distribusi masa kerja responden pada penelitian ini dibagi menjadi 3 kategori, sebagaimana disajikan pada tabel dan gambar berikut:

Tabel 5. 3 Masa Kerja Responden

No	Masa Kerja	Jumlah Responden	Persentase (%)
1	< 1 tahun	0	0
2	1-5 tahun	2	5,7
3	> 5 tahun	33	94,3
Jumlah		35	100



Gambar 5. 4 Masa Kerja Responden

Berdasarkan data masa kerja responden, sebagian besar responden memiliki masa kerja lebih dari 5 tahun, yaitu sebanyak 33 orang dengan persentase 94,3%. Sementara itu, responden dengan masa kerja 1 hingga 5 tahun berjumlah 2 orang atau sebesar 5,7%, dan tidak terdapat responden dengan masa kerja kurang dari 1 tahun.

Data tersebut menunjukkan bahwa mayoritas responden dalam penelitian ini memiliki pengalaman kerja yang cukup lama di bidang konstruksi, sehingga dianggap memahami proses pelaksanaan pekerjaan *bored pile* serta faktor-faktor yang dapat menyebabkan penyimpangan jadwal. Dengan dominasi responden yang berpengalaman, data kuesioner yang diperoleh diharapkan lebih relevan dan mampu memberikan gambaran yang sesuai dengan kondisi di lapangan.

4. Jabatan Responden

Data jabatan responden pada penelitian ini ada 7 kategori. Untuk mengetahui jabatan responden secara lebih rinci dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. 4 Data Jabatan Responden

No Responden	Divisi atau Jabatan	Pendidikan terakhir	Masa Kerja
1	<i>Staff QC</i>	S1	> 5 tahun
2	<i>Staff Engineering</i>	S1	> 5 tahun
3	<i>Staff Commercial</i>	S1	> 5 tahun
4	<i>Staff Engineering</i>	S1	> 5 tahun
5	<i>Staff Engineering</i>	D4	> 5 tahun
6	<i>Staff Finance</i>	S2	> 5 tahun
7	<i>Staff Finance</i>	S1	> 5 tahun
8	<i>Staff Commercial</i>	S1	> 5 tahun
9	<i>Staff Engineering</i>	S1	> 5 tahun
10	<i>Staff Commercial</i>	S1	> 5 tahun
11	<i>Staff Engineering</i>	S1	> 5 tahun
12	<i>Staff Engineering</i>	S1	> 5 tahun
13	<i>Staff Commercial</i>	S2	> 5 tahun
14	<i>Staff Engineering</i>	S1	> 5 tahun
15	<i>Staff Commercial</i>	S1	> 5 tahun
16	<i>Staff Finance</i>	D3	> 5 tahun
17	<i>Staff QHSE</i>	S1	> 5 tahun
18	<i>Staff Finance</i>	S1	> 5 tahun
19	<i>Staff Engineering</i>	S1	> 5 tahun
20	<i>Staff Engineering</i>	S1	> 5 tahun
21	<i>Staff Commercial</i>	S1	> 5 tahun
22	<i>Staff Engineering</i>	S1	> 5 tahun
23	<i>Staff Commercial</i>	S1	> 5 tahun
24	<i>Staff Engineering</i>	S1	> 5 tahun
25	<i>Staff QC</i>	S1	> 5 tahun
26	<i>Staff Engineering</i>	S1	> 5 tahun
27	<i>Staff Procurement</i>	S1	> 5 tahun
28	<i>Staff QHSE</i>	S1	> 5 tahun

Lanjutan Tabel 5.4 Data Jabatan Responden

No Responden	Divisi atau Jabatan	Pendidikan terakhir	Masa Kerja
29	<i>Staff Procurement</i>	S1	> 5 tahun
30	<i>Project Manager</i>	S1	> 5 tahun
31	<i>Staff Commercial</i>	S1	1-5 tahun
32	<i>Staff Commercial</i>	S1	> 5 tahun
33	<i>Staff Commercial</i>	S1	> 5 tahun
34	<i>Staff Engineering</i>	S1	> 5 tahun
35	<i>Staff Commercial</i>	S1	1-5 tahun

Tabel 5. 5 Data Jabatan Responden

Divisi	Jumlah responden	Persentase
<i>Project Manager</i>	1	2,9%
<i>Staff Engineering</i>	13	37,1%
<i>Staff Commercial</i>	11	31,4%
<i>Staff QC</i>	2	5,7%
<i>Staff Procurement</i>	2	5,7%
<i>Staff QHSE</i>	2	5,7%
<i>Staff Finance</i>	4	11,4%

Berdasarkan data pada tabel, responden dalam penelitian ini didominasi oleh *Staff Engineering* sebanyak 37,1%, diikuti oleh *Staff Commercial* sebesar 31,4%. Selanjutnya, *Staff Finance* memiliki persentase sebesar 11,4%, sedangkan *Staff QC*, *Staff Procurement*, dan *Staff QHSE* masing-masing sebesar 5,7%. Sementara itu, *Project Manager* memiliki persentase paling kecil yaitu sebesar 2,9%. Proporsi tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar responden berasal dari *Staff Engineering* dan *Staff Commercial* yang terlibat langsung dalam pelaksanaan pekerjaan *bored pile* dan pengendalian proyek.

5.3.2 Persepsi Responden Terhadap Faktor Penyebab Penyimpangan Jadwal Pekerjaan *Bored pile*

Hasil penelitian mengenai persepsi responden terhadap faktor penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* disajikan pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5. 6 Hasil Penelitian Persepsi Responden

Kode		Faktor-faktor Penyebab Penyimpangan Jadwal Pekerjaan <i>Bored pile</i>	Skala				
			1	2	3	4	5
A		Dokumen Pekerjaan dan Kontrak					
	A1	Berubahnya waktu pelaksanaan kerja	1	5	12	12	5
	A2	Keterlambatan dokumen gambar perencanaan	2	8	10	11	4
	A3	Adanya perubahan desain dalam perencanaan	1	8	9	12	5
	A4	Persetujuan izin kerja yang memakan waktu lama	1	7	12	9	6
B		Material dan Peralatan					
	B1	Perubahan spesifikasi pada material dan peralatan yang digunakan	4	8	9	11	3
	B2	Kerusakan material dan peralatan pada saat dilapangan	2	5	13	12	3
	B3	Kenaikan harga barang yang berhubungan dengan proyek	1	4	14	12	4
	B4	Keterlambatan pengiriman material/alat ke lokasi proyek	0	2	15	10	8
	B5	Kelangkaan atau kesulitan pendapatan material / alat	0	6	14	11	4
	B6	Rendahnya mutu material / alat yang digunakan	0	7	17	10	1
C		Tenaga Kerja					
	C1	Kurangnya tenaga kerja yang ada	1	9	8	12	5
	C2	Kurangnya keahlian tenaga kerja yang ada	3	3	12	14	3
	C3	Kurangnya produktivitas yang dihasilkan oleh tiap tenaga kerja	1	8	12	5	9
	C4	Kerjasama tim yang kurang	0	9	11	8	7

Lanjutan Tabel 5. 6 Hasil Penelitian Persepsi Responden

Kode		Faktor-faktor Penyebab Penyimpangan Jadwal Pekerjaan <i>Bored pile</i>	Skala				
			1	2	3	4	5
D		Kondisi Alam dan Lingkungan					
	D1	Terjadinya kecelakaan kerja di area proyek	0	6	14	7	8
	D2	Cuaca yang buruk di sekitar proyek	0	0	10	13	12
	D3	Gangguan keaamanan dan kenyamanan dari pihak ketiga selama proyek berjalan	3	6	6	14	6
	D4	Respon dari masyarakat sekitar yang kurang	1	5	16	12	1
E		Operasional dan Manajemen Kontraktor					
	E1	Rencana penjadwalan pekerjaan yang tidak efektif	0	7	17	8	3
	E2	Kurangnya kelancaran dalam kas keuangan pada lapangan dari kontraktor	1	5	16	9	4
	E3	Komunikasi yang buruk dalam pelaksanaan proyek	2	7	12	9	5
	E4	Adanya konflik antara kontraktor dengan sub kontraktor atau supplier	4	6	8	13	4
	E5	Kurangnya keefektifan dalam metode pelaksanaan	3	6	9	9	8
	E6	Ketidakmampuan sub-kontraktor dalam penyelesaian pekerjaan	1	7	11	13	3
F		Operasional dan Manajemen <i>Owner</i>					
	F1	Permohonan perubahan gambar kerja pada saat proyek berjalan	2	6	10	12	5
	F2	Terlambatnya persetujuan untuk menyetujui gambar kerja	0	7	13	13	2
	F3	Komunikasi yang buruk terhadap pihak lain	0	7	12	13	3

Lanjutan Tabel 5. 6 Hasil Penelitian Persepsi Responden

Kode		Faktor-fakor Penyebab Penyimpangan Jadwal Pekerjaan <i>Bored pile</i>	Skala				
			1	2	3	4	5
	F4	Keterlambatan atau ketidaksesuaian pada proses pembayaran	0	4	13	9	9

5.3.3 Uji Validitas dan Reliabilitas

Uji validitas dan reliabilitas merupakan tahapan penting dalam penyusunan instrumen penelitian untuk memastikan bahwa kuesioner atau alat ukur yang digunakan mampu menghasilkan data yang tepat dan konsisten. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pengujian validitas dan reliabilitas terhadap instrumen yang digunakan.

1. Uji Validitas

Uji validitas dilakukan untuk mengetahui kemampuan setiap butir pertanyaan dalam mengukur variabel penelitian yang dimaksud. Pengujian dilakukan menggunakan nilai *Corrected Item Total Correlation* (CITC) dengan bantuan perangkat lunak statistik seperti SPSS. Nilai r_{hitung} dari setiap item kemudian dibandingkan dengan nilai r_{tabel} dengan ketentuan sebagai berikut:

- Apabila nilai korelasi bernilai negatif, maka butir pertanyaan dinyatakan tidak valid.
- Apabila nilai $r_{hitung} < r_{tabel}$, maka butir pertanyaan dinyatakan tidak valid.
- Apabila nilai $r_{hitung} > r_{tabel}$, maka butir pertanyaan dinyatakan valid.

Menurut Junaidi (2010) r Tabel disajikan pada gambar dibawah ini.

df = (N-2)	Tingkat signifikansi untuk uji satu arah				
	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0005
	Tingkat signifikansi untuk uji dua arah				
	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.9877	0.9969	0.9995	0.9999	1.0000
2	0.9000	0.9500	0.9800	0.9900	0.9990
3	0.8054	0.8783	0.9343	0.9587	0.9911
4	0.7293	0.8114	0.8822	0.9172	0.9741
5	0.6694	0.7545	0.8329	0.8745	0.9509
6	0.6215	0.7067	0.7887	0.8343	0.9249
7	0.5822	0.6664	0.7498	0.7977	0.8983
8	0.5494	0.6319	0.7155	0.7646	0.8721
9	0.5214	0.6021	0.6851	0.7348	0.8470
10	0.4973	0.5760	0.6581	0.7079	0.8233
11	0.4762	0.5529	0.6339	0.6835	0.8010
12	0.4575	0.5324	0.6120	0.6614	0.7800
13	0.4409	0.5140	0.5923	0.6411	0.7604
14	0.4259	0.4973	0.5742	0.6226	0.7419
15	0.4124	0.4821	0.5577	0.6055	0.7247
16	0.4000	0.4683	0.5425	0.5897	0.7084
17	0.3887	0.4555	0.5285	0.5751	0.6932
18	0.3783	0.4438	0.5155	0.5614	0.6788
19	0.3687	0.4329	0.5034	0.5487	0.6652
20	0.3598	0.4227	0.4921	0.5368	0.6524
21	0.3515	0.4132	0.4815	0.5256	0.6402
22	0.3438	0.4044	0.4716	0.5151	0.6287
23	0.3365	0.3961	0.4622	0.5052	0.6178
24	0.3297	0.3882	0.4534	0.4958	0.6074
25	0.3233	0.3809	0.4451	0.4869	0.5974
26	0.3172	0.3739	0.4372	0.4785	0.5880
27	0.3115	0.3673	0.4297	0.4705	0.5790
28	0.3061	0.3610	0.4226	0.4629	0.5703
29	0.3009	0.3550	0.4158	0.4556	0.5620
30	0.2960	0.3494	0.4093	0.4487	0.5541
31	0.2913	0.3440	0.4032	0.4421	0.5465
32	0.2869	0.3388	0.3972	0.4357	0.5392
33	0.2826	0.3338	0.3916	0.4296	0.5322
34	0.2785	0.3291	0.3862	0.4238	0.5254
35	0.2746	0.3246	0.3810	0.4182	0.5189

Gambar 5. 5 r Tabel
(Sumber: Junaidi, 2010)

Pada umumnya tingkat signifikansi yang digunakan dalam pengujian validitas adalah sebesar 5% atau 0,05 (Sugiyono, 2019). Jumlah responden dalam penelitian ini sebanyak 35 orang, sehingga diperoleh nilai derajat kebebasan (Df) sebesar $n - 2 = 35 - 2 = 33$. Berdasarkan tabel r *Product Moment* dengan tingkat signifikansi 5%, diperoleh nilai r tabel sebesar 0,334. Selanjut-

nya, pengujian validitas dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SPSS untuk mengetahui validitas setiap item pertanyaan. Hasil pengujian validitas dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5. 7 Uji Validitas Data

Variabel	R Hitung	R Tabel	Keterangan
A1	0,542	0,334	Valid
A2	0,445	0,334	Valid
A3	0,529	0,334	Valid
A4	0,575	0,334	Valid
B1	0,430	0,334	Valid
B2	0,384	0,334	Valid
B3	0,429	0,334	Valid
B4	0,583	0,334	Valid
B5	0,371	0,334	Valid
B6	0,376	0,334	Valid
C1	0,462	0,334	Valid
C2	0,375	0,334	Valid
C3	0,581	0,334	Valid
C4	0,468	0,334	Valid
D1	0,360	0,334	Valid
D2	0,577	0,334	Valid
D3	0,394	0,334	Valid
D4	0,595	0,334	Valid
E1	0,509	0,334	Valid
E2	0,549	0,334	Valid
E3	0,402	0,334	Valid
E4	0,544	0,334	Valid
E5	0,446	0,334	Valid
E6	0,560	0,334	Valid
F1	0,395	0,334	Valid

Lanjutan Tabel 5.7 Uji Validitas Data

Variabel	R Hitung	R Tabel	Keterangan
F2	0,437	0,334	Valid
F3	0,366	0,334	Valid
F4	0,468	0,334	Valid

Berdasarkan Tabel 5.7, jumlah responden dalam penelitian ini sebanyak 35 orang dengan tingkat signifikansi 5%, sehingga diperoleh nilai r tabel sebesar 0,334. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa seluruh nilai r hitung pada setiap item pertanyaan lebih besar dibandingkan nilai r tabel. Hal tersebut menunjukkan bahwa seluruh item dalam instrumen kuesioner dinyatakan valid.

Dengan demikian, setiap butir pertanyaan pada kuesioner mampu mengukur variabel penelitian sesuai dengan tujuan penelitian secara tepat. Validitas instrumen ini menunjukkan bahwa data yang diperoleh dari responden dapat dipercaya dan layak digunakan dalam proses analisis selanjutnya. Oleh karena itu, instrumen penelitian dinilai sesuai untuk digunakan dalam mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Selain itu, hasil validitas yang baik juga menjadi dasar untuk melanjutkan pengujian reliabilitas guna mengetahui tingkat konsistensi instrumen penelitian.

2. Uji Reliabilitas

Menurut Forester dkk. (2024), uji reliabilitas digunakan untuk mengetahui tingkat konsistensi instrumen penelitian sehingga hasil pengukuran yang diperoleh tetap stabil dan dapat dipercaya. Reliabilitas merupakan alat ukur untuk menilai sejauh mana kuesioner sebagai indikator variabel atau konstruk mampu memberikan hasil yang konsisten. Pengujian reliabilitas bertujuan untuk mengetahui konsistensi internal instrumen penelitian ketika digunakan pada kondisi atau waktu yang berbeda. Salah satu metode yang umum digunakan dalam pengujian reliabilitas adalah *Cronbach's Alpha*. Suatu variabel dinyatakan reliabel apabila memiliki nilai *Cronbach's Alpha* $\geq 0,60$, yang menunjukkan bahwa instrumen mampu menghasilkan data yang konsisten apabila dilakukan pengujian ulang. Sebaliknya, apabila nilai *Cronbach's Alpha*

$\leq 0,60$ maka instrumen dianggap kurang reliabel karena dapat menghasilkan kesimpulan yang berbeda pada pengukuran berikutnya.

Pada penelitian ini, pengujian reliabilitas dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak SPSS. Item pertanyaan dinyatakan reliabel apabila nilai *Cronbach's Alpha* lebih besar dari 0,60. Untuk mempermudah interpretasi hasil pengujian reliabilitas, nilai *Cronbach's Alpha* dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori tingkat reliabilitas. Adapun kategori tingkat reliabilitas instrumen penelitian disajikan pada tabel berikut:

Tabel 5. 8 Kriteria Reliabilitas Instrumen

No	Nilai Korelasi (<i>Cronbach's Alpha</i>)	Tingkat Reliabilitas
1	0,00-0,20	Kurang Reliabel
2	0,21-0,40	Agak Reliabel
3	0,41-0,60	Cukup reliabel
4	0,61-0,80	Reliabel
5	0,81-1,00	Sangat Reliabel

Sumber: Priyatno (2016)

Berdasarkan pada tabel 5.8 diatas, menunjukkan bahwa nilai Cronbach's Alpha berada pada tingkatan 0,81-1,00 yang menyatakan bahwa instrument penelitian sangat reliabel. Berikut ini merupakan hasil pengujian reliabilitas data tiap butir pertanyaan.

Tabel 5. 9 Hasil Uji Reliabilitas

Reliability Statistics			
<i>Cronbach's Alpha</i>	N of Items	Interpretasi	Keterangan
.899	35	0,81-1,00	Sangat Reliabel

Berdasarkan Tabel 5.6, hasil pengujian reliabilitas terhadap instrumen penelitian menunjukkan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,899. Nilai tersebut menunjukkan bahwa instrumen kuesioner yang digunakan memiliki tingkat reliabilitas yang sangat tinggi. Hal ini berarti seluruh item pertanyaan dalam kuesioner mampu memberikan hasil pengukuran yang konsisten dan stabil

apabila dilakukan pengukuran ulang. Berdasarkan kriteria interpretasi *Cronbach's Alpha*, nilai di atas 0,80 termasuk dalam kategori sangat reliabel, sehingga instrumen penelitian dinilai mampu mengukur variabel penelitian dengan baik. Dengan demikian, instrumen yang digunakan dalam penelitian ini tidak hanya valid tetapi juga reliabel, sehingga data yang diperoleh dari responden dapat dipercaya dan layak digunakan untuk analisis lebih lanjut mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*.

Hasil pengujian validitas dan reliabilitas memberikan dasar yang kuat dalam proses analisis dan interpretasi data penelitian. Berdasarkan hasil uji validitas, seluruh item pertanyaan memiliki nilai r hitung yang lebih besar dibandingkan r tabel, sehingga setiap butir pertanyaan dinyatakan valid dan mampu mengukur variabel penelitian secara tepat. Selain itu, hasil uji reliabilitas menunjukkan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,899 yang termasuk dalam kategori sangat reliabel. Oleh karena itu, instrumen kuesioner dalam penelitian ini dapat dipercaya untuk memperoleh data yang akurat, konsisten, dan stabil, sehingga hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar dalam menganalisis faktor-faktor penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*.

5.4 Analisa Penyebab Penyimpangan Menggunakan Metode FTA

Analisis penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat dari faktor-faktor yang memengaruhi terjadinya penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* pada Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah.

Faktor-faktor penyebab penyimpangan jadwal dalam penelitian ini disusun berdasarkan studi pustaka dan penelitian terdahulu yang relevan, kemudian disesuaikan dengan kondisi lapangan melalui observasi, wawancara, studi dokumen proyek, serta penyebaran kuesioner kepada responden yang terlibat langsung dalam pelaksanaan pekerjaan *bored pile*.

Variabel penyebab penyimpangan jadwal dikelompokkan ke dalam enam kategori utama, yaitu:

1. Dokumen pekerjaan dan kontrak,
2. Material dan peralatan,
3. Tenaga kerja,
4. Kondisi alam dan lingkungan,
5. Operasional dan manajemen kontraktor,
6. Operasional dan manajemen *owner*.

Masing-masing kategori kemudian diuraikan menjadi beberapa *basic event* yang digunakan dalam penyusunan diagram *Fault Tree Analysis* (FTA).

5.4.1 Menentukan *Top Event*

Tahap awal dalam penyusunan *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah menentukan kejadian puncak (*top event*). *Top event* pada penelitian ini adalah penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* pada Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah.

Penentuan *top event* dilakukan berdasarkan hasil evaluasi progres proyek yang menunjukkan adanya deviasi antara progres rencana dan progres aktual pekerjaan *bored pile*. Berdasarkan hasil evaluasi kurva-S mingguan, diketahui bahwa pekerjaan *bored pile* mengalami penyimpangan jadwal pada minggu ke-1 sampai minggu ke-9 pelaksanaan proyek.

Penyimpangan tersebut menunjukkan bahwa progres aktual pekerjaan *bored pile* berada di bawah progres rencana yang telah ditetapkan dalam *time schedule* proyek. Oleh karena itu, penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* pada Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah ditetapkan sebagai *top event* dalam penyusunan diagram *Fault Tree Analysis* (FTA).

5.4.2 Menentukan *Intermediate Event* dan *Basic event*

Dalam subbab ini dilakukan penentuan *intermediate event* dan *basic event* berdasarkan hasil pengolahan data kuesioner menggunakan SPSS serta variabel penelitian yang telah ditentukan sebelumnya. *Intermediate event* merupakan pengelompokan faktor utama penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*, sedangkan *basic event* merupakan penyebab dasar yang tidak dapat diuraikan lebih

lanjut. Penentuan *basic event* dilakukan berdasarkan indikator penelitian, hasil kuesioner, wawancara, serta kondisi pelaksanaan proyek di lapangan.

Penentuan *intermediate event* dan *basic event* bertujuan untuk mempermudah penyusunan diagram *Fault Tree Analysis* (FTA) sehingga hubungan antar faktor penyebab dapat digambarkan secara sistematis. Selain itu, tahapan ini digunakan untuk mengetahui keterkaitan antara faktor utama dan faktor dasar yang memengaruhi penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* pada Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah.

Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh beberapa *intermediate event* penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*, yaitu faktor dokumen pekerjaan dan kontrak, material dan peralatan, tenaga kerja, kondisi alam dan lingkungan, operasional dan manajemen kontraktor, serta operasional dan manajemen *owner*. Setiap *intermediate event* tersebut kemudian diuraikan kembali menjadi beberapa *basic event* yang diperoleh dari indikator penelitian. Tabel 5.10 berikut menunjukkan pengelompokan *intermediate event* dan *basic event* penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*.

Tabel 5. 10 Faktor Penyebab Penyimpangan Jadwal Pekerjaan *Bored pile*

<i>Intermediate Event</i>	Kode	Penyebab Penyimpangan Jadwal Pekerjaan <i>Bored pile</i>
Dokumen Pekerjaan dan Kontrak	A1	Berubahnya waktu pelaksanaan kerja
	A2	Keterlambatan dokumen gambar perencanaan
	A3	Adanya perubahan desain dalam perencanaan
	A4	Persetujuan izin kerja yang memakan waktu lama
Material dan Peralatan	B1	Perubahan spesifikasi pada material dan peralatan yang digunakan
	B2	Kerusakan material dan peralatan pada saat dilapangan
	B3	Kenaikan harga barang yang berhubungan dengan proyek

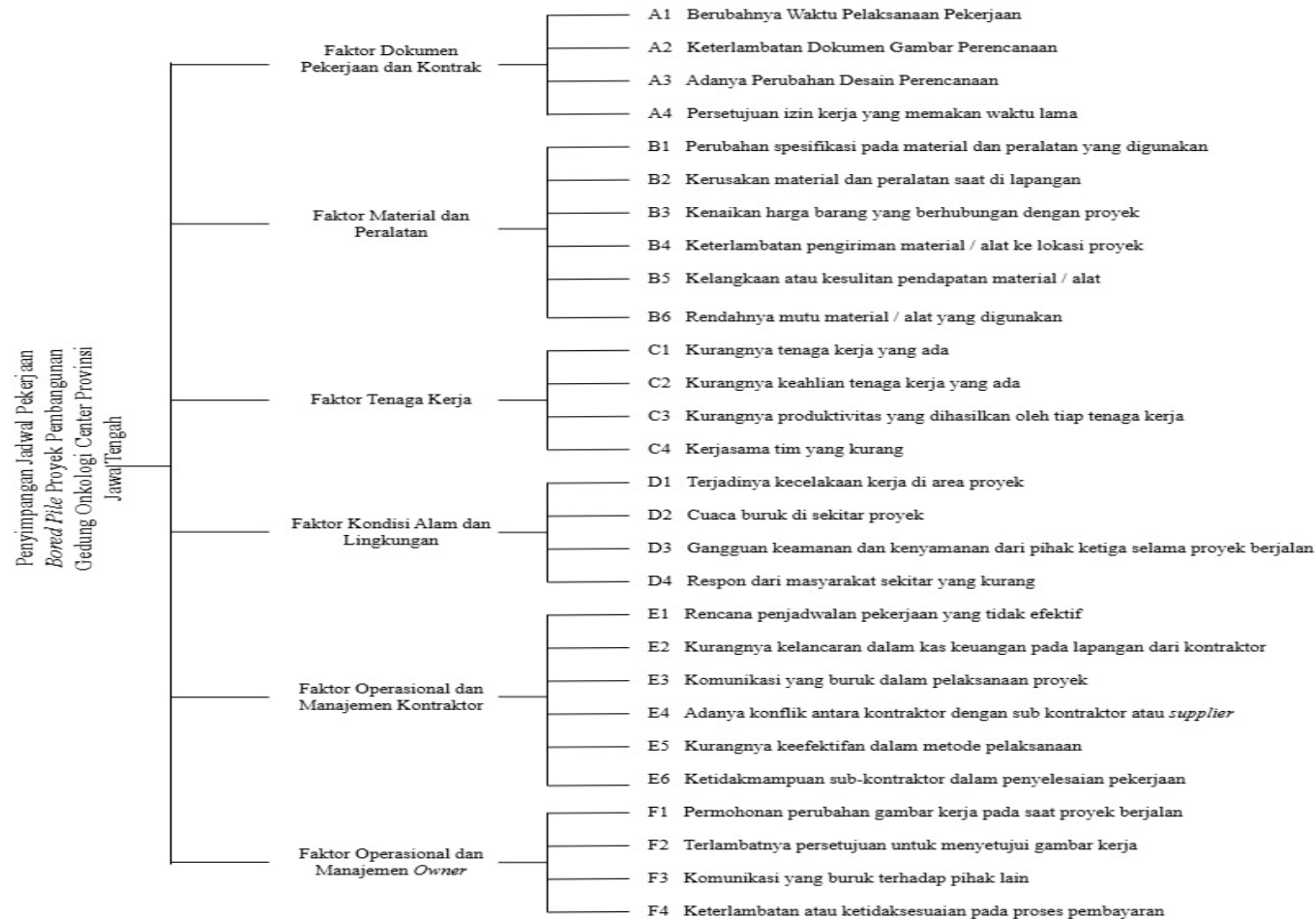
**Lanjutan Tabel 5. 10 Faktor Penyebab Penyimpangan Jadwal Pekerjaan
*Bored Pile***

<i>Intermediate Event</i>	Kode	Penyebab Penyimpangan Jadwal Pekerjaan <i>Bored pile</i>
	B4	Keterlambatan pengiriman material/alat ke lokasi proyek
	B5	Kelangkaaan atau kesulitan pendapatan material / alat
	B6	Rendahnya mutu material / alat yang digunakan
Tenaga Kerja	C1	Kurangnya tenaga kerja yang ada
	C2	Kurangnya keahlian tenaga kerja yang ada
	C3	Kurangnya produktivitas yang dihasilkan oleh tiap tenaga kerja
	C4	Kerjasama tim yang kurang
Kondisi Alam dan Lingkungan	D1	Terjadinya kecelakaan kerja di area proyek
	D2	Cuaca yang buruk di sekitar proyek
	D3	Gangguan keaamanan dan kenyamanan dari pihak ketiga selama proyek berjalan
	D4	Respon dari masyarakat sekitar yang kurang
Operasional dan Manajemen Kontraktor	E1	Rencana penjadwalan pekerjaan yang tidak efektif
	E2	Kurangnya kelancaran dalam kas keuangan pada lapangan dari kontraktor
	E3	Komunikasi yang buruk dalam pelaksanaan proyek
	E4	Adanya konflik antara kontraktor dengan sub kontraktor atau supplier
	E5	Kurangnya keefektifan dalam metode pelaksanaan

**Lanjutan Tabel 5. 10 Faktor Penyebab Penyimpangan Jadwal Pekerjaan
*Bored Pile***

<i>Intermediate Event</i>	Kode	Penyebab Penyimpangan Jadwal Pekerjaan <i>Bored pile</i>
	E6	Ketidakmampuan sub-kontraktor dalam penyelesaian pekerjaan
Operasional dan Manajemen <i>Owner</i>	F1	Permohonan perubahan gambar kerja pada saat proyek berjalan
	F2	Terlambatnya persetujuan untuk menyetujui gambar kerja
	F3	Komunikasi yang buruk terhadap pihak lain
	F4	Keterlambatan atau ketidaksesuaian pada proses pembayaran

Berikut ini merupakan rencana pemodelan grafis penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* pada Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah.



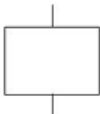
Gambar 5. 6 Rencana Permodelan Grafis Penyimpangan Jadwal Pekerjaan *Bored pile*

5.4.3 Penggambaran *Fault Tree Analysis* (FTA)

Dalam subbab ini dilakukan penggambaran diagram *Fault Tree Analysis* (FTA) berdasarkan *top event*, *intermediate event*, dan *basic event* yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya. *Top event* ditentukan berdasarkan hasil identifikasi penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* pada Kurva S, *intermediate event* mengacu pada kelompok faktor penyebab menurut Limasyudhi & Triana (2025), sedangkan *basic event* disusun dari indikator penelitian yang telah disesuaikan dengan kondisi proyek.

Dalam penyusunan diagram FTA digunakan gerbang logika (*logic gate*) untuk menggambarkan hubungan antar kejadian dari penyebab dasar hingga menuju kejadian puncak. Selain itu, penggunaan notasi huruf dan angka dilakukan untuk mempermudah proses analisis serta penentuan *cut set* dan *minimal cut set* menggunakan pendekatan Aljabar *Boolean* dalam mengidentifikasi akar penyebab terjadinya penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*.

Tabel 5. 11 Simbol-simbol *Fault Tree Analysis*

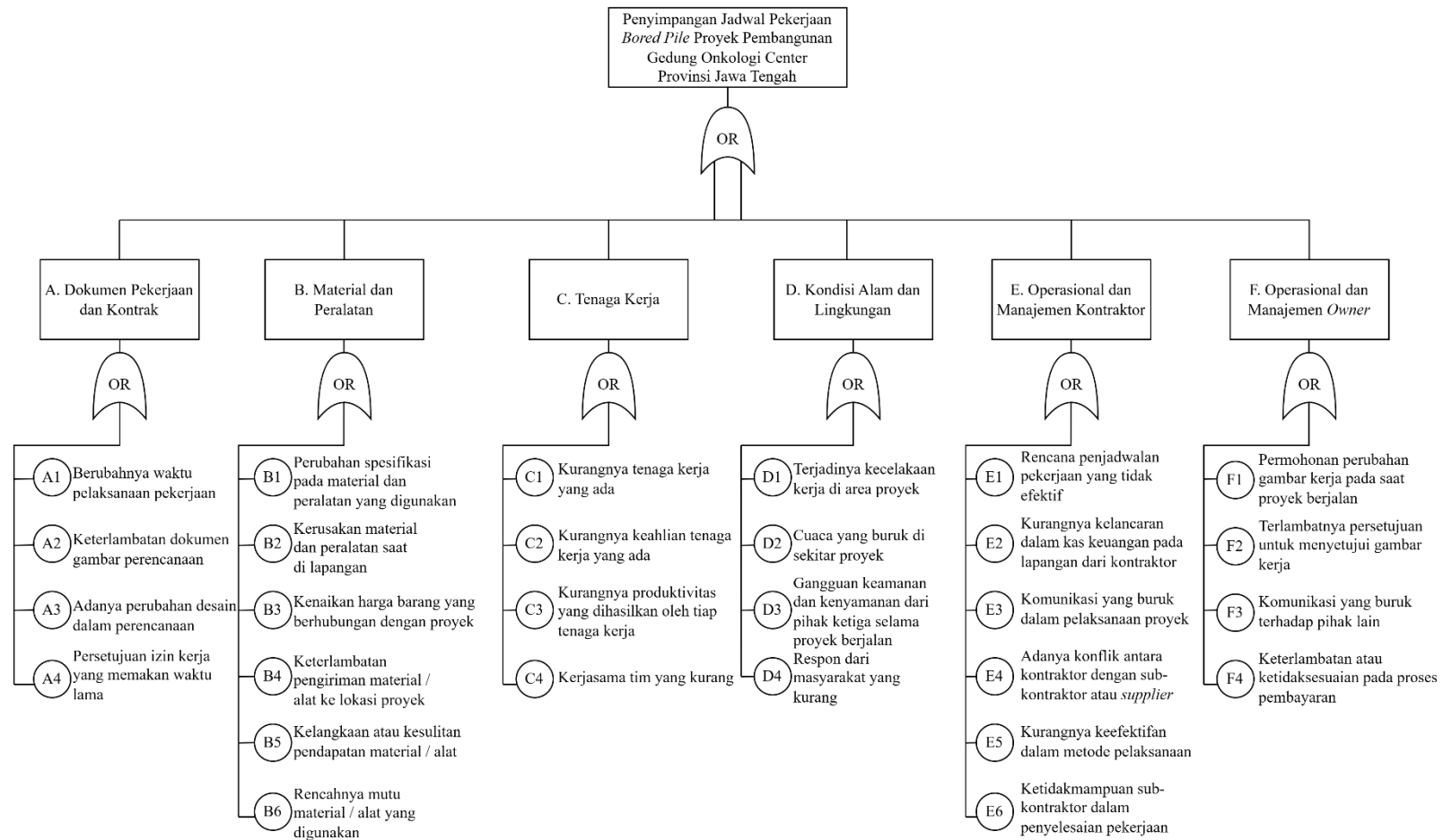
Simbol	Nama	Arti
	<i>Basic event</i>	Peristiwa kegagalan dasar yang tidak dapat diuraikan lebih lanjut penyebabnya.
	<i>Intermediate Event/Event Box</i>	Kejadian antara yang terjadi akibat kombinasi beberapa kegagalan input melalui gerbang logika
	<i>Or Gate</i>	Menunjukkan bahwa <i>output</i> terjadi apabila salah satu atau lebih input mengalami kegagalan.
	<i>And Gate</i>	Menunjukkan bahwa <i>output</i> hanya akan terjadi apabila seluruh <i>input</i> mengalami kegagalan secara bersamaan.

Sumber: Alijoyo dkk. (2021)

Pada penelitian ini, *top event* atau kejadian puncak yang dianalisis adalah penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Selanjutnya, *intermediate event* merupakan kejadian antara yang menghubungkan *top event* dengan *basic event*, sehingga hubungan antar faktor penyebab masih dapat diuraikan secara lebih rinci. *Basic event* merupakan penyebab dasar atau kegagalan paling mendasar yang menyebabkan terjadinya penyimpangan jadwal, sehingga pada diagram FTA digambarkan pada bagian paling bawah dengan simbol lingkaran. Sementara itu, *intermediate event* dan *top event* digambarkan menggunakan simbol persegi panjang.

Tahap berikutnya setelah menentukan *event* atau kejadian adalah menentukan gerbang logika (*logic gate*) yang digunakan dalam diagram FTA. Pada penelitian ini, hubungan antar *event* menggunakan *OR Gate* karena setiap *basic event* berpotensi menyebabkan penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Dengan demikian, penyimpangan jadwal dapat terjadi apabila salah satu atau lebih *basic event* terjadi. Oleh karena itu, hubungan antara *basic event*, *intermediate event*, dan *top event* pada diagram FTA seluruhnya menggunakan *OR Gate*.

Berdasarkan penjelasan simbol dan hubungan logika tersebut, diagram *Fault Tree Analysis* (FTA) penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* dapat disusun seperti ditunjukkan pada Gambar 5.7.



Gambar 5. 7 Diagram FTA Penyimpangan Jadwal Pekerjaan *Bored pile*

5.4.4 Kombinasi *Basic event*

Berdasarkan hasil penggambaran grafik *Fault Tree Analysis* (FTA), tahap berikutnya adalah menentukan *cut set*. *Cut set* merupakan kombinasi kejadian dasar (*basic event*) yang dapat menyebabkan terjadinya *top event* berupa penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Pada penelitian ini, seluruh hubungan dalam diagram FTA menggunakan gerbang logika *OR* sehingga apabila salah satu *basic event* terjadi, maka dapat menyebabkan terjadinya *top event*.

Penentuan *cut set* dan *minimal cut set* dilakukan menggunakan pendekatan Aljabar *Boolean*. Notasi penjumlahan (+) digunakan untuk gerbang *OR* (*OR Gate*), sedangkan notasi perkalian (.) digunakan untuk gerbang *AND* (*AND Gate*). Karena pada diagram FTA penelitian ini seluruh hubungan menggunakan gerbang *OR*, maka bentuk persamaan *Boolean* menjadi lebih sederhana.

Tabel 5. 12 *Cut Sets* Menggunakan Aljabar *Boolean*

A	= A1 + A2 + A3 + A4
B	= B1 + B2 + B3 + B4 + B5 + B6
C	= C1 + C2 + C3 + C4
D	= D1 + D2 + D3 + D4
E	= E1 + E2 + E3 + E4 + E5 + E6
F	= F1 + F2 + F3 + F4

Selanjutnya dilakukan substitusi persamaan *Boolean* terhadap *top event* sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Top Event} = & (A1 + A2 + A3 + A4) + (B1 + B2 + B3 + B4 + B5 + B6) \\ & + (C1 + C2 + C3 + C4) + (D1 + D2 + D3 + D4) \\ & + (E1 + E2 + E3 + E4 + E5 + E6) + (F1 + F2 + F3 + F4) \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis menggunakan Aljabar *Boolean*, diperoleh bahwa seluruh *basic event* merupakan *minimal cut set* karena seluruh hubungan dalam diagram menggunakan gerbang *OR*. Dengan demikian, *minimal cut set* pada penelitian ini adalah:

$$\begin{aligned} & \{A1\}, \{A2\}, \{A3\}, \{A4\}, \\ & \{B1\}, \{B2\}, \{B3\}, \{B4\}, \{B5\}, \{B6\}, \end{aligned}$$

$\{C1\}, \{C2\}, \{C3\}, \{C4\},$
 $\{D1\}, \{D2\}, \{D3\}, \{D4\},$
 $\{E1\}, \{E2\}, \{E3\}, \{E4\}, \{E5\}, \{E6\},$
 $\{F1\}, \{F2\}, \{F3\}, \{F4\}$

Setelah diperoleh *minimal cut set*, langkah selanjutnya adalah menentukan probabilitas masing-masing *basic event* berdasarkan hasil pengolahan data kuesioner. Probabilitas dari setiap *basic event* digunakan untuk mengetahui tingkat kemungkinan terjadinya faktor penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*.

Frekuensi kejadian dari setiap *basic event* diperoleh berdasarkan hasil penilaian responden menggunakan skala Likert. Selanjutnya, nilai tersebut dikonversikan ke dalam bentuk probabilitas dengan membandingkan jumlah skor masing-masing indikator terhadap jumlah keseluruhan skor yang diperoleh dari seluruh indikator penelitian.

Sebagai contoh, perhitungan nilai probabilitas indikator D2 menggunakan Persamaan (3.2) mengacu pada tabulasi data berdasarkan hasil isian kuesioner oleh responden 1-35.

$$\begin{aligned}
 P(D2) &= \frac{142}{3287} \\
 &= 0,0432
 \end{aligned}$$

dengan:

142 = Jumlah skor indikator D2 (P16) berdasarkan tabulasi hasil isian kuesioner pada Lampiran 3.

32 = Jumlah total skor seluruh indikator berdasarkan tabulasi hasil isian kuesioner pada Lampiran 3.

Hasil perhitungan probabilitas menunjukkan tingkat kemungkinan setiap *basic event* dalam memengaruhi terjadinya penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Nilai probabilitas yang diperoleh mencerminkan besarnya kontribusi masing-masing faktor penyebab terhadap penyimpangan jadwal yang terjadi selama pelaksanaan pekerjaan. Semakin tinggi nilai probabilitas suatu *basic event*, semakin

besar pula tingkat pengaruh faktor tersebut sebagai penyebab dominan penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Sebaliknya, *basic event* dengan nilai probabilitas yang lebih rendah menunjukkan kontribusi yang relatif kecil terhadap terjadinya penyimpangan jadwal.

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Persamaan 3.2, diperoleh nilai probabilitas masing-masing *basic event* sebagaimana disajikan pada Tabel 5.13.

Tabel 5. 13 *Minimal cut set*

Kode	<i>Minimal cut set</i>	Probabilitas
D2	Cuaca yang buruk di sekitar proyek	0,0432
B4	Keterlambatan pengiriman material/alat ke lokasi proyek	0,0392
F4	Keterlambatan atau ketidaksesuaian pada proses pembayaran	0,0389
D1	Terjadinya kecelakaan kerja di area proyek	0,0371
A1	Berubahnya waktu pelaksanaan kerja	0,0365
B3	Kenaikan harga barang yang berhubungan dengan proyek	0,0362
D3	Gangguan keamanan dan kenyamanan dari pihak ketiga selama proyek berjalan	0,0362
B5	Kelangkaan atau kesulitan pendapatan material/alat	0,0359
C3	Kurangnya produktivitas yang dihasilkan oleh tiap tenaga kerja	0,0359
C4	Kerjasama tim yang kurang	0,0359
E5	Kurangnya keefektifan dalam metode pelaksanaan	0,0359
A3	Adanya perubahan desain dalam perencanaan	0,0356
A4	Persetujuan izin kerja yang memakan waktu lama	0,0356
F1	Permohonan perubahan gambar kerja pada saat proyek berjalan	0,0356
F3	Komunikasi yang buruk terhadap pihak lain	0,0356
C1	Kurangnya tenaga kerja yang ada	0,0353

Lanjutan Tabel 5.13 *Minimal Cut Set*

Kode	<i>Minimal cut set</i>	Probabilitas
C2	Kurangnya keahlian tenaga kerja yang ada	0,0353
E2	Kurangnya kelancaran dalam kas keuangan pada lapangan dari kontraktor	0,0350
E6	Ketidakmampuan sub-kontraktor dalam penyelesaian pekerjaan	0,0350
F2	Terlambatnya persetujuan untuk menyetujui gambar kerja	0,0350
B2	Kerusakan material dan peralatan pada saat di lapangan	0,0347
E3	Komunikasi yang buruk dalam pelaksanaan proyek	0,0344
A2	Keterlambatan dokumen gambar perencanaan	0,0341
D4	Respon dari masyarakat sekitar yang kurang	0,0341
E1	Rencana penjadwalan pekerjaan yang tidak efektif	0,0341
E4	Adanya konflik antara kontraktor dengan sub kontraktor atau supplier	0,0341
B6	Rendahnya mutu material/alat yang digunakan	0,0335
B1	Perubahan spesifikasi pada material dan peralatan yang digunakan	0,0322

Berdasarkan Tabel 5.13, nilai probabilitas setiap *basic event* menunjukkan perbedaan yang relatif kecil. Hal ini mengindikasikan bahwa penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* tidak disebabkan oleh satu faktor saja, melainkan dipengaruhi oleh beberapa faktor yang saling berkontribusi. Meskipun demikian, faktor cuaca buruk di sekitar proyek (D2), keterlambatan pengiriman material atau alat ke lokasi proyek (B4), dan keterlambatan atau ketidaksesuaian proses pembayaran (F4) merupakan tiga faktor yang memiliki nilai probabilitas tertinggi, yaitu masing-masing sebesar 0,0432; 0,0392; dan 0,0389.

Ketiga faktor tersebut dapat dikategorikan sebagai faktor yang relatif lebih dominan dibandingkan *basic event* lainnya karena memiliki nilai probabilitas yang

lebih tinggi, meskipun selisih probabilitas antar faktor relatif kecil. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* dipengaruhi oleh kombinasi berbagai faktor, sehingga pengendalian proyek perlu dilakukan secara menyeluruh dan tidak hanya difokuskan pada satu faktor penyebab.

Di sisi lain, perubahan spesifikasi material dan peralatan yang digunakan (B1) memiliki nilai probabilitas sebesar 0,0322, yaitu nilai terendah di antara seluruh *basic event*. Meskipun demikian, selisih probabilitas dengan faktor-faktor lainnya relatif kecil, sehingga faktor tersebut tetap memiliki potensi berkontribusi terhadap penyimpangan jadwal, namun tingkat pengaruhnya relatif lebih rendah dibandingkan faktor-faktor dengan probabilitas tertinggi.

5.5 Pembahasan

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah dengan fokus pada pekerjaan *bored pile* yang mengalami penyimpangan jadwal selama pelaksanaan proyek. Berdasarkan hasil observasi lapangan, wawancara, dan penyebaran kuesioner kepada responden, diperoleh berbagai faktor yang menyebabkan terjadinya penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Selanjutnya faktor-faktor tersebut dianalisis menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mengetahui akar penyebab terjadinya top event berupa penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*.

Berdasarkan hasil analisis *Fault Tree Analysis* (FTA), *top event* pada penelitian ini adalah penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. *Top event* tersebut merupakan kejadian puncak yang terjadi akibat kombinasi beberapa *basic event* yang saling berkaitan. *Basic event* merupakan faktor-faktor dasar yang menjadi penyebab terjadinya keterlambatan atau penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Faktor-faktor tersebut diperoleh berdasarkan studi literatur, observasi lapangan, serta hasil penilaian responden yang terlibat dalam pelaksanaan proyek.

Setelah *basic event* diperoleh, peneliti menyusun diagram *Fault Tree Analysis* (FTA) dalam bentuk model grafis untuk menggambarkan hubungan antar faktor penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Selanjutnya setiap kejadian diberikan notasi simbol berupa huruf dan angka untuk mempermudah proses

analisis *minimal cut set* menggunakan prinsip Aljabar *Boolean*. Setelah dilakukan penyusunan gerbang logika (*logic gate*) dan penyederhanaan persamaan *Boolean*, diperoleh *minimal cut set* yang menunjukkan kombinasi faktor-faktor penyebab terjadinya penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*.

Berdasarkan hasil analisis probabilitas, terdapat tiga faktor yang paling dominan dan tiga faktor yang paling kurang dominan terhadap penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Berikut merupakan pembahasan faktor-faktor tersebut.

5.5.1 Faktor Dominan Penyebab Penyimpangan Jadwal

Berdasarkan hasil evaluasi Kurva S pekerjaan *bored pile*, diketahui bahwa progres aktual berada di bawah progres rencana sejak minggu ke-1 dan terus mengalami peningkatan deviasi hingga mencapai nilai maksimum sebesar -6,88% pada minggu ke-6. Kondisi tersebut menunjukkan adanya keterlambatan pelaksanaan pekerjaan *bored pile* dibandingkan dengan jadwal yang telah direncanakan. Untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berpotensi menyebabkan keterlambatan tersebut, dilakukan analisis menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Berdasarkan hasil analisis probabilitas, diperoleh beberapa faktor yang memiliki nilai probabilitas tertinggi dan diduga memberikan kontribusi terbesar terhadap terjadinya penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Faktor-faktor tersebut dikategorikan sebagai faktor dominan penyebab penyimpangan jadwal. Pembahasan masing-masing faktor dominan dijelaskan sebagai berikut:

1. Cuaca buruk di sekitar proyek (D2)

Berdasarkan hasil analisis probabilitas, faktor cuaca buruk di sekitar proyek (D2) memiliki nilai probabilitas tertinggi sebesar 0,0432, sehingga menjadi faktor yang paling dominan menyebabkan penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi cuaca memiliki pengaruh yang besar terhadap pelaksanaan pekerjaan pondasi yang sebagian besar dilakukan di area terbuka.

Hasil tersebut didukung oleh *Weather Report* proyek yang menunjukkan bahwa selama awal pelaksanaan pekerjaan *bored pile* pada bulan Januari 2025, intensitas hujan relatif tinggi. Pada minggu ke-6 tercatat durasi hujan mencapai 31 jam, kemudian meningkat menjadi 34 jam pada minggu ke-7, sedangkan

pada minggu ke-8 dan minggu ke-9 masing-masing masih terjadi hujan selama 14 jam dan 13 jam. Selain itu, laporan cuaca juga mencatat terjadinya *heavy rainfall in the afternoon to evening* pada beberapa hari selama periode tersebut. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pekerjaan *bored pile* dilaksanakan pada periode musim hujan sehingga berpotensi mengganggu aktivitas di lapangan.

Berdasarkan hasil evaluasi Kurva S, pada periode yang sama progres aktual mulai berada di bawah progres rencana dan deviasi terus meningkat hingga mencapai deviasi maksimum sebesar -6,88%. Kondisi tersebut menunjukkan adanya hubungan antara tingginya intensitas hujan dengan penurunan produktivitas pekerjaan. Meskipun pekerjaan *bored pile* tetap dilaksanakan, termasuk pada beberapa aktivitas yang dilakukan hingga malam hari, hujan menyebabkan waktu kerja efektif menjadi berkurang, area kerja menjadi berlumpur dan tergenang, mobilisasi alat berat menjadi kurang optimal, serta proses pengeboran, pemasangan tulangan, dan pengecoran beton harus menyesuaikan kondisi cuaca. Akibatnya produktivitas pekerjaan menurun sehingga progres aktual tidak dapat mencapai target yang telah direncanakan.

Dengan demikian, hasil analisis probabilitas, *Weather Report*, dan evaluasi Kurva S saling mendukung bahwa cuaca merupakan faktor dominan penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Sungkana dkk. (2023) yang menyatakan bahwa kondisi lingkungan, khususnya cuaca, merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap keterlambatan pekerjaan konstruksi. Namun demikian, hasil penelitian ini berbeda dengan Mohdar dkk. (2024) yang menyatakan bahwa faktor manajemen merupakan penyebab yang paling dominan. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh karakteristik proyek dan jenis pekerjaan yang diteliti, karena penelitian ini secara khusus menganalisis pekerjaan *bored pile* yang memiliki ketergantungan tinggi terhadap kondisi cuaca.

Hal tersebut menunjukkan bahwa hasil analisis probabilitas tidak hanya didukung oleh persepsi responden, tetapi juga konsisten dengan kondisi aktual proyek berdasarkan *Weather Report* dan evaluasi Kurva S.

2. Keterlambatan pengiriman material atau alat ke lokasi proyek (B4)

Berdasarkan hasil analisis probabilitas, keterlambatan pengiriman material atau alat ke lokasi proyek (B4) memiliki nilai probabilitas sebesar 0,0392, sehingga termasuk faktor dominan penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kelancaran proses pengadaan material dan mobilisasi peralatan memiliki pengaruh yang besar terhadap pelaksanaan pekerjaan *bored pile*.

Berdasarkan hasil observasi lapangan, pekerjaan *bored pile* merupakan pekerjaan yang dilaksanakan secara berurutan, dimulai dari proses pengeboran, pembersihan lubang bor, pemasangan tulangan, hingga pengecoran beton. Oleh karena itu, setiap tahapan sangat bergantung pada ketersediaan material dan peralatan sesuai jadwal pelaksanaan. Apabila pengiriman material seperti tulangan, beton siap pakai (*ready mix*), maupun peralatan pengeboran mengalami keterlambatan, maka aktivitas berikutnya tidak dapat segera dilaksanakan sehingga produktivitas pekerjaan menurun dan progres aktual berpotensi berada di bawah progres rencana.

Selain itu, pekerjaan *bored pile* merupakan bagian dari lintasan kritis proyek sehingga keterlambatan pada pekerjaan ini dapat memengaruhi pelaksanaan pekerjaan struktur berikutnya. Dengan demikian, ketepatan waktu pengiriman material dan mobilisasi peralatan menjadi salah satu aspek penting dalam menjaga kelancaran pelaksanaan proyek dan meminimalkan penyimpangan jadwal.

Hasil penelitian ini sejalan dengan Limasyudhi & Triana (2025) yang menyatakan bahwa keterlambatan pengadaan material merupakan salah satu faktor utama penyebab penyimpangan waktu pada proyek konstruksi. Oleh karena itu, koordinasi antara bagian pengadaan, pemasok, dan pelaksana lapangan perlu dilakukan secara optimal agar kebutuhan material dan peralatan dapat tersedia sesuai jadwal pekerjaan.

Dengan demikian, hasil analisis probabilitas didukung oleh karakteristik pekerjaan *bored pile* yang sangat bergantung pada ketersediaan material dan peralatan sesuai jadwal pelaksanaan.

3. Keterlambatan atau ketidaksesuaian proses pembayaran (F4)

Berdasarkan hasil analisis probabilitas, keterlambatan atau ketidaksesuaian proses pembayaran (F4) memiliki nilai probabilitas sebesar 0,0389, sehingga termasuk faktor dominan penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aspek administrasi dan keuangan turut memengaruhi kelancaran pelaksanaan pekerjaan konstruksi.

Berdasarkan hasil observasi lapangan, pelaksanaan pekerjaan *bored pile* tidak hanya dipengaruhi oleh aspek teknis, tetapi juga oleh kelancaran proses administrasi proyek. Proses pembayaran yang tidak berjalan sesuai jadwal berpotensi memengaruhi pengadaan material, pembayaran tenaga kerja, serta operasional peralatan yang digunakan selama pekerjaan berlangsung. Kondisi tersebut dapat menghambat kelancaran pelaksanaan pekerjaan sehingga beberapa aktivitas tidak dapat dilaksanakan sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan.

Selain itu, proses pembayaran yang tepat waktu juga berperan dalam menjaga kelancaran koordinasi antara kontraktor, pemasok, dan subkontraktor. Apabila proses administrasi berjalan dengan baik, maka kebutuhan material, peralatan, dan sumber daya lainnya dapat dipenuhi sesuai jadwal sehingga risiko penyimpangan jadwal dapat diminimalkan.

Temuan ini menunjukkan bahwa keberhasilan pengendalian waktu proyek tidak hanya bergantung pada aspek teknis di lapangan, tetapi juga pada efektivitas pengelolaan administrasi dan keuangan proyek. Oleh karena itu, koordinasi yang baik antara *owner*, kontraktor, dan pemasok menjadi salah satu upaya penting untuk mendukung kelancaran pelaksanaan pekerjaan *bored pile*.

Dengan demikian, aspek administrasi dan keuangan merupakan faktor pendukung yang perlu diperhatikan karena dapat memengaruhi kelancaran pelaksanaan pekerjaan serta pencapaian target waktu proyek.

5.5.2 Faktor Kurang Dominan Penyebab Penyimpangan Jadwal

Memasuki minggu ke-8 hingga minggu ke-10, deviasi antara progres rencana dan progres aktual menunjukkan kecenderungan menurun hingga pada akhir pekerjaan *bored pile* tidak terdapat lagi deviasi antara keduanya. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa keterlambatan yang terjadi pada periode sebelumnya dapat

dikendalikan sehingga progres pekerjaan kembali sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan. Meskipun demikian, hasil analisis *Fault Tree Analysis* (FTA) menunjukkan bahwa selain faktor dominan, terdapat beberapa faktor lain yang turut berkontribusi terhadap terjadinya penyimpangan jadwal, namun memiliki nilai probabilitas yang lebih rendah. Faktor-faktor tersebut dikategorikan sebagai faktor kurang dominan karena tingkat pengaruhnya terhadap penyimpangan jadwal relatif lebih kecil dibandingkan faktor dominan. Pembahasan masing-masing faktor kurang dominan dijelaskan sebagai berikut:

1. Perubahan spesifikasi material dan peralatan yang digunakan (B1)

Berdasarkan hasil analisis probabilitas, faktor perubahan spesifikasi material dan peralatan yang digunakan (B1) memiliki nilai probabilitas sebesar 0,0322, sehingga menjadi faktor yang paling kurang dominan terhadap penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perubahan spesifikasi material maupun peralatan relatif jarang terjadi selama pelaksanaan proyek.

Berdasarkan hasil observasi lapangan, material dan peralatan yang digunakan pada pekerjaan *bored pile* telah ditetapkan sejak tahap perencanaan serta mengacu pada spesifikasi teknis yang telah disetujui. Selama pelaksanaan pekerjaan tidak ditemukan perubahan spesifikasi yang signifikan sehingga pekerjaan dapat berlangsung sesuai metode pelaksanaan yang telah direncanakan. Kondisi tersebut menyebabkan perubahan spesifikasi tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap progres pekerjaan maupun penyimpangan jadwal.

Hal tersebut menunjukkan bahwa proses perencanaan kebutuhan material dan peralatan pada proyek telah dilakukan dengan baik sehingga risiko perubahan spesifikasi selama pelaksanaan dapat diminimalkan. Oleh karena itu, faktor ini memiliki probabilitas yang lebih rendah dibandingkan faktor-faktor dominan.

Dengan demikian, perubahan spesifikasi material dan peralatan tetap berpotensi menyebabkan penyimpangan jadwal, namun frekuensinya

relatif rendah sehingga pengaruhnya terhadap pelaksanaan pekerjaan *bored pile* tidak sebesar faktor-faktor dominan.

2. Rendahnya mutu material atau alat yang digunakan (B6)

Berdasarkan hasil analisis probabilitas, faktor rendahnya mutu material atau alat yang digunakan (B6) memiliki nilai probabilitas sebesar 0,0335, sehingga termasuk faktor yang kurang dominan terhadap penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas material dan peralatan pada proyek secara umum telah memenuhi persyaratan pelaksanaan pekerjaan.

Berdasarkan hasil observasi lapangan, setiap material maupun peralatan yang digunakan telah melalui proses pemeriksaan sebelum digunakan pada pekerjaan *bored pile*. Pengawasan mutu yang dilakukan oleh pihak proyek mampu meminimalkan penggunaan material yang tidak sesuai spesifikasi maupun penggunaan peralatan yang tidak layak operasi. Dengan demikian, hambatan pekerjaan akibat rendahnya mutu material atau alat dapat diminimalkan sehingga tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penyimpangan jadwal.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem pengendalian mutu pada proyek telah berjalan dengan baik sehingga kualitas material dan peralatan tetap terjaga selama pelaksanaan pekerjaan. Oleh karena itu, faktor ini memiliki probabilitas yang relatif rendah dibandingkan faktor-faktor dominan.

Dengan demikian, rendahnya mutu material atau alat tetap berpotensi mengganggu pelaksanaan pekerjaan, namun pengaruhnya terhadap penyimpangan jadwal relatif kecil karena telah diminimalkan melalui pengendalian mutu yang diterapkan pada proyek.

3. Adanya konflik antara kontraktor dengan subkontraktor atau supplier (E4)

Berdasarkan hasil analisis probabilitas, faktor adanya konflik antara kontraktor dengan subkontraktor atau *supplier* (E4) memiliki nilai probabilitas sebesar 0,0341, sehingga termasuk faktor yang kurang dominan terhadap penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa konflik antar pihak relatif jarang terjadi selama pelaksanaan proyek.

Berdasarkan hasil observasi lapangan, koordinasi antara kontraktor, subkontraktor, dan *supplier* selama pelaksanaan pekerjaan *bored pile* berjalan dengan cukup baik sehingga setiap kendala yang muncul dapat segera diselesaikan melalui komunikasi dan koordinasi antar pihak. Selain itu, hubungan kerja antar pihak telah diatur melalui kesepakatan kerja dan jadwal pelaksanaan yang disusun sejak awal proyek sehingga potensi konflik dapat diminimalkan.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa komunikasi dan koordinasi yang baik antar pihak proyek turut mendukung kelancaran pelaksanaan pekerjaan. Oleh karena itu, konflik antara kontraktor, subkontraktor, dan *supplier* memiliki probabilitas yang relatif rendah dibandingkan faktor-faktor dominan, seperti cuaca buruk, keterlambatan pengiriman material, dan keterlambatan proses pembayaran.

Dengan demikian, konflik antar pihak tetap berpotensi memengaruhi pelaksanaan pekerjaan, namun pengaruhnya terhadap penyimpangan jadwal relatif kecil karena koordinasi dan komunikasi selama proyek berlangsung telah berjalan dengan baik.

5.5.2 Interpretasi Hasil Analisis *Fault Tree Analysis*

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), diketahui bahwa penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* tidak disebabkan oleh satu faktor tunggal, melainkan merupakan hasil interaksi berbagai *basic event* yang saling berkaitan. Diagram FTA menunjukkan bahwa setiap *basic event* memiliki hubungan logis terhadap *top event* berupa penyimpangan jadwal, sehingga gangguan pada salah satu faktor berpotensi memengaruhi kelancaran pelaksanaan pekerjaan.

Hasil analisis probabilitas menunjukkan bahwa faktor cuaca yang buruk di sekitar proyek merupakan penyebab paling dominan terhadap penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pekerjaan pondasi *bored pile* memiliki tingkat ketergantungan yang tinggi terhadap kondisi lapangan dan faktor lingkungan. Curah hujan yang tinggi dapat menghambat proses pengeboran, mengganggu mobilisasi alat berat, serta memperlambat proses pen-

gecoran sehingga produktivitas pekerjaan mengalami penurunan. Oleh karena itu, pengendalian terhadap faktor cuaca perlu menjadi perhatian utama dalam penyusunan jadwal maupun pelaksanaan pekerjaan pondasi.

Selain faktor cuaca, keterlambatan pengiriman material atau alat serta keterlambatan proses pembayaran juga memiliki nilai probabilitas yang relatif tinggi. Kedua faktor tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan pengendalian waktu proyek tidak hanya dipengaruhi oleh aspek teknis di lapangan, tetapi juga oleh efektivitas sistem logistik, koordinasi antar pihak, dan pengelolaan administrasi proyek. Apabila pengadaan material maupun proses pembayaran tidak berjalan sesuai rencana, maka pelaksanaan pekerjaan akan mengalami hambatan yang berdampak pada penurunan progres pekerjaan.

Sebaliknya, beberapa *basic event* seperti perubahan spesifikasi material, rendahnya mutu material, dan konflik antara kontraktor dengan subkontraktor memiliki nilai probabilitas yang relatif rendah. Hal ini menunjukkan bahwa selama pelaksanaan proyek faktor-faktor tersebut masih dapat dikendalikan melalui penerapan pengendalian mutu, koordinasi yang baik, serta pengawasan terhadap pelaksanaan pekerjaan. Meskipun demikian, faktor-faktor tersebut tetap perlu diperhatikan karena berpotensi berkembang menjadi penyebab penyimpangan jadwal apabila tidak ditangani dengan baik.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Fault Tree Analysis* (FTA) mampu mengidentifikasi hubungan sebab-akibat secara sistematis serta menentukan faktor-faktor yang berkontribusi terhadap penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*. Hasil tersebut dapat menjadi dasar bagi kontraktor dan *owner* dalam menyusun strategi mitigasi risiko untuk meminimalkan potensi penyimpangan jadwal.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis faktor penyebab penyimpangan jadwal pada pekerjaan *bored pile* Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Diagram *Fault Tree Analysis* (FTA) pada penelitian ini berhasil menggambarkan hubungan sebab-akibat faktor penyebab penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* secara sistematis. Penyimpangan jadwal digambarkan sebagai *top event* yang dipengaruhi oleh enam faktor utama, yaitu dokumen pekerjaan dan kontrak, material dan peralatan, tenaga kerja, kondisi alam dan lingkungan, operasional dan manajemen kontraktor, serta operasional dan manajemen *owner*. Masing-masing faktor kemudian diuraikan menjadi beberapa *basic event* yang saling terhubung menggunakan *logic gate* berupa *OR gate*.
2. Berdasarkan hasil analisis probabilitas menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), faktor yang memiliki tingkat probabilitas paling dominan terhadap penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* adalah cuaca yang buruk di sekitar proyek. Faktor tersebut memberikan pengaruh paling besar karena pekerjaan *bored pile* sangat bergantung pada kondisi cuaca dan kondisi lapangan, sehingga cuaca buruk dapat menghambat proses pelaksanaan pekerjaan. Selain itu, faktor dominan lainnya adalah keterlambatan pengiriman material atau alat ke lokasi proyek serta keterlambatan atau ketidaksesuaian pada proses pembayaran proyek yang turut memengaruhi kelancaran pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Ketiga faktor tersebut menjadi faktor utama yang perlu diperhatikan untuk meminimalkan penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Pihak kontraktor diharapkan dapat meningkatkan pengendalian pelaksanaan pekerjaan *bored pile*, khususnya dalam pengelolaan material, peralatan, dan koordinasi pekerjaan agar penyimpangan jadwal dapat diminimalkan.
2. Perencanaan jadwal pekerjaan perlu mempertimbangkan kondisi cuaca dan lingkungan sekitar proyek, mengingat faktor cuaca merupakan faktor yang paling dominan memengaruhi penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile*.
3. Koordinasi antara pihak kontraktor, *owner*, *supplier*, dan subkontraktor perlu ditingkatkan agar proses pengadaan material, persetujuan pekerjaan, dan pembayaran proyek dapat berjalan lebih efektif dan tidak menghambat progres pekerjaan di lapangan.
4. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan indikator kuesioner yang lebih spesifik terhadap pekerjaan *bored pile*, sehingga mampu menggambarkan karakteristik dan permasalahan yang terjadi pada setiap tahapan pelaksanaan *bored pile* secara lebih rinci. Hal ini karena indikator yang digunakan dalam penelitian ini diadaptasi dari penelitian terdahulu yang masih bersifat umum pada proyek konstruksi, sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi khusus pada pekerjaan *bored pile*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alijoyo, A., Wijaya, B., & Jacob, I. (2021). *Fault Tree Analysis: Analisis Pohon Kesalahan*.
- Ervianto, W. I. (2023). *Manajemen Proyek Konstruksi* (Cetakan terbaru). Andi Offset.
- Fitria, M., & Faisal. (2009). *PENGUNAAN ALJABAR BOOLEAN DALAM MENGANALISIS KEGAGALAN PADA FAULT TREE ANALYSIS*.
- Forester, B. J., Idris, A., Khater, A., Afgani, M. W., & Isnaini, M. (2024). Penelitian Kuantitatif: Uji Reliabilitas. In *Edu Society: Jurnal Pendidikan, Ilmu Sosial, dan Pengabdian Kepada Masyarakat* (Vol. 4).
- Google Earth. (2025). *Lokasi Proyek Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah*. Google Earth.
- Junaidi. (2010). *Tabel r (Koefisien Korelasi Sederhana) df = 1-200*. <http://junaidichaniago.wordpress.com>
- Kerzner, H. (2017). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (12th Edition). John Wiley & Sons, Inc.
- Limasyudhi, R., & Triana, M. I. (2025). ANALISIS FAKTOR KETERLAMBATAN WAKTU PADA PROYEK MENGGUNAKAN METODE FAULT TREE ANALYSIS (FTA). *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 8(1), 110. <https://doi.org/10.31602/jk.v8i1.19277>
- Mohdar, W., Serang, R., & Titaley, H. D. (2024). *ANALISA FAKTOR PENYEBAB KETERLAMBATAN PEKERJAAN SEKOLAH MENGGUNAKAN METODE FAULT TREE ANALYSIS (FTA) Analysis of factors causing work delays Bore Pile On the School Construction Project Using Fault Tree Analysis (FTA) Methods*.
- Nabilah, T., & Ketut Sucita, I. (2022). *PROKONS: Jurnal Teknik Sipil ANALISIS PENYEBAB KETERLAMBATAN ARSITEKTUR PROYEK APARTEMEN DENGAN METODE FAULT TREE ANALYSIS*.
- Pandapotan Pasaribu, H., Setiawan, H., & Ervianto, W. I. (2017). *METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) DAN FAULT TREE ANALYSIS (FTA) UNTUK MENGIDENTIFIKASI POTENSI DAN PENYEBAB KECELAKAAN KERJA PADA PROYEK GEDUNG*.
- Pattiraja, A. H., Siregar, D., Yusuf, R., & Alami, N. (2024). *MANAJEMEN KONSTRUKSI TEORI, PRAKTIK, DAN STRATEGI PENGELOLAAN PROYEK SIPIL*. PT Media Penerbit Indonesia.
- PMI, P. M. I. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Seventh Edition* (7th ed.). Project Management Institute.

- Pontan, D. (2024). *MANAJEMEN PROYEK KONSTRUKSI KONSEP, STRATEGI, DAN PRAKTIK DALAM TEKNIK SIPIL*. PT Media Penerbit Indonesia.
- Priyatno, D. (2016). *Belajar Alat Analisis Data Dan Cara Pengolahannya Dengan SPSS*. Gava Media.
- Puspitasari, N., & Hindun Mayrohmah, S. (2023). *Peran Aljabar Boolean dalam Ilmu Komputer dan Perancangan Rangkaian Logika*.
- Putra, D. M., & Triana, M. I. (2024). Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Konstruksi pada CV. X Menggunakan Metode FTA. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 7(2), 969–979. <https://doi.org/10.31004/jutin.v7i2.28181>
- Ruslan, W. (2019). *Manajemen Proyek Jaringan*. Penerbit Unika Atma Jaya.
- Siswanto, A. B., & Salim, M. A. (2019). *Manajemen Proyek Konstruksi* (1st ed.). CV. Pilar Nusantara.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sungkana, S. R. K., Ratnaningsih, A., & Soetjipto, J. W. (2023). Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Pondasi Bore Pile Menggunakan Metode Fault Tree Analysis. *Bulletin of Civil Engineering*, 3(1), 25–30. <https://doi.org/10.18196/bce.v3i1.17491>
- Syakhertra, E., Dzaki, M., Sudarsa, F., & Saputra, D. (2025). *Identifikasi Faktor Penyebab KEeterlambatan Proyek Konstruksi : Studi Literatur*.
- Zagia, F., Kajewski, S., Omrani, S., & Motamedisedeh, O. (2025). Prioritizing the Key Causes of Construction Project Delay in Different Countries: A Cross-Sectional Analysis of Different Project Types. *International Journal of Construction Management*. <https://doi.org/10.1080/15623599.2025.2568103>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Permohonan Pengambilan Data



**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

Gedung R21, Moh. Nattur
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 896444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Nomor : 414/Sek. Prodi PSTS/20/TA/V/2026
Hal : Izin Penelitian dan Permohonan Data Tugas Akhir

Yth: Pimpinan PT. WIKA GEDUNG
Penyedia Jasa Pelaksana Konstruksi
Gedung Onkologi RSUP Soeradji Tirtonegoro Klaten

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,

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

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

Nama : Dika Kusuma Pertiwi
NIM : 22511030
CP Mahasiswa : 082131676038
Judul Tugas Akhir : Analisis Keterlambatan Proyek Pada Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah

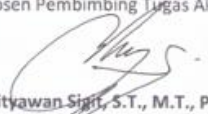
Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullah Wabarakatuh.



Sek. Prodi Teknik Sipil – Program Sarjana,

Dina Anggraheni, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 13 Mei 2026
Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

Adityawan Sigit, S.T., M.T., Ph.D

Lampiran 2. Tampilan Google Form

Bagian 1 dari 3

Kuesioner Analisis Risiko Penyimpangan Jadwal *Bored Pile* (Metode FTA)

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Perkenalkan saya:

Nama : Dika Kusuma Pertiwi
NIM : 22511030
Program Studi : Teknik Sipil
Universitas : Universitas Islam Indonesia

Saat ini saya sedang melaksanakan penelitian Tugas Akhir dengan judul:

"Analisis Faktor Penyebab Penyimpangan Jadwal Pada Pekerjaan *Bored Pile* Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)"

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab penyimpangan jadwal pada pekerjaan *bored pile* serta menentukan faktor yang paling dominan berdasarkan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

Sehubungan dengan hal tersebut, saya memohon kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi kuesioner ini sesuai dengan pengalaman dan kondisi aktual di lapangan. Seluruh data dan informasi yang diberikan akan dijaga kerahasiaannya dan hanya digunakan untuk kepentingan akademik.

Atas perhatian dan kesediaan Bapak/Ibu dalam mengisi kuesioner ini, saya ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

1. Nama

Teks jawaban singkat

2. Jenis Kelamin *

☐ Pria

☐ Wanita

3. Pendidikan terakhir *

☐ SD

☐ SMP

☐ SMA/SMK

☐ D3

☐ D4

☐ S1

☐ S2

Lanjutan Lampiran 2. Tampilan Google Form

4. Masa Kerja *

☐ < 1 tahun
☐ 1-5 tahun
☐ > 5 tahun

5. Jabatan *

☐ Project Manager
☐ Staff Engineering
☐ Staff Commercial
☐ Staff Procurement
☐ Staff Finance
☐ Staff QHSE
☐ Staff QC

PETUNJUK PENGISIAN

Berikan penilaian terhadap setiap pernyataan berdasarkan frekuensi kejadian yang menyebabkan penyimpangan jadwal pekerjaan *bored pile* pada Proyek Pembangunan Gedung Onkologi Center Provinsi Jawa Tengah.

Adapun skala penilaian yang digunakan adalah sebagai berikut:

- 1 = Tidak pernah terjadi
- 2 = Kemungkinan kecil dapat terjadi
- 3 = Kadang - kadang terjadi
- 4 = Sering terjadi
- 5 = Selalu terjadi

1. Berubahnya waktu pelaksanaan kerja *

12345

Tidak pernah
☐
☐
☐
☐
☐
Selalu

2. Keterlambatan dokumen gambar perencanaan *

12345

Tidak pernah
☐
☐
☐
☐
☐
Selalu

Lanjutan Lampiran 2. Tampilan Google Form

3. Adanya perubahan desain dalam perencanaan *

1

2

3

4

5

Tidak pernah

☐

☐

☐

☐

☐

Selalu

4. Persetujuan izin kerja yang memakan waktu lama *

1

2

3

4

5

Tidak pernah

☐

☐

☐

☐

☐

Selalu

5. Perubahan spesifikasi pada material dan peralatan yang digunakan *

1

2

3

4

5

Tidak pernah

☐

☐

☐

☐

☐

Selalu

6. Kerusakan material dan peralatan pada saat dilapangan *

1

2

3

4

5

Tidak pernah

☐

☐

☐

☐

☐

Selalu

7. Kenaikan harga barang yang berhubungan dengan proyek *

1

2

3

4

5

Tidak pernah

☐

☐

☐

☐

☐

Selalu

8. Keterlambatan pengiriman material / alat ke lokasi proyek *

1

2

3

4

5

Tidak pernah

☐

☐

☐

☐

☐

Selalu

9. Kelangkaan atau kesulitan pendapatan material / alat *

1

2

3

4

5

Tidak pernah

☐

☐

☐

☐

☐

Selalu

10. Rendahnya mutu material / alat yang digunakan *

1

2

3

4

5

Lanjutan Lampiran 2. Tampilan Google Form

[illegible]

Lanjutan Lampiran 2. Tampilan Google Form

27. Komunikasi yang buruk terhadap pihak lain *						
	1	2	3	4	5	
Tidak pernah	☐	☐	☐	☐	☐	Selalu

28. *						
Keterlambatan atau ketidaksesuaian pada proses pembayaran						
	1	2	3	4	5	
Tidak pernah	☐	☐	☐	☐	☐	Selalu

Lampiran 3. Tabulasi Data Berdasarkan Hasil isian Kuesioner oleh Responden 1-35

Re- sponden	Sub Faktor																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	4	4	5	4	2	1	5	3	4	2	2	5	3	4	4	4	3	3	3	4	2	4	4	4	3	4	5	5
2	5	2	4	3	2	3	3	3	3	4	2	4	2	4	3	3	3	3	4	4	2	4	4	4	4	4	3	5
3	3	5	4	3	2	4	4	4	3	4	4	5	4	5	5	4	5	4	4	5	3	4	3	3	4	4	2	4
4	4	4	2	1	2	4	4	2	3	3	4	4	3	3	3	5	2	4	3	3	3	3	2	4	2	4	3	5
5	4	3	3	3	4	3	4	5	4	3	2	3	5	2	5	4	4	3	5	3	3	4	4	3	4	3	4	3
6	3	2	4	3	3	4	3	2	4	2	2	4	3	3	5	3	2	3	3	4	2	4	4	3	2	2	3	3
7	4	4	5	4	4	3	3	4	5	3	5	3	5	3	3	5	2	5	3	3	4	3	5	5	5	4	4	4
8	3	3	4	2	3	1	2	3	3	3	2	3	4	2	3	3	1	2	3	3	1	1	3	2	3	3	4	3
9	3	4	3	2	3	3	3	3	4	4	4	1	3	3	2	4	1	4	3	3	5	2	1	3	4	4	2	4
10	1	4	5	4	5	4	4	4	5	3	5	2	2	2	4	3	5	3	2	5	2	3	4	3	3	2	2	3
11	4	4	4	4	4	4	3	5	5	5	4	4	5	3	3	5	5	4	4	4	4	5	3	4	5	4	4	5
12	3	2	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	4	3	2	2	3	4	3	4	3	2	2	3
13	2	2	2	3	2	4	1	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	4	3	5	2	2	2	3	4
14	5	3	5	4	3	4	4	4	3	4	4	4	5	3	3	5	4	3	4	5	5	4	5	5	4	3	4	4
15	2	3	2	4	2	3	2	3	2	2	1	3	1	4	3	4	4	2	3	2	3	4	2	3	2	3	3	3
16	2	2	1	2	4	4	4	3	3	3	3	1	4	3	5	5	4	3	4	3	4	3	3	3	3	3	4	2
17	4	5	4	5	5	5	4	4	4	3	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	4	5
18	5	4	5	5	5	4	3	5	3	4	5	4	5	5	5	5	4	4	4	4	3	5	5	4	3	5	5	5

