Research Review
Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Vol. 4, No. 1, Juni 2025 ISSN: 29622743

Analisis Keterlambatan Proyek Menggunakan Metode Fault Tree Analysis pada Proyek Amaris Extension Gorontalo

(Delay Analysis of the Amaris Extension Gorontalo Project Using the Fault Tree Analysis Method)

Raul Fauzan Ishak[1], Arfan Utiarahman[2], Apriyanto Pahrun[3]
[1,2,3]Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo
raulishak73@gmail.com[1], arfanutiarahman@ung.ac.id[2], apriyantoa_pahrun@ung.ac.id[3]

Article Info

Article history:

Received: 10 Juni 2025
Revised: 28 Juni 2025
Accepted: 29 Juni 2025

Keywords:

Fault Tree Analysis
Project Delay
Time Management
Construction Project

Kata Kunci:
Fault Tree Analysis
Keterlambatan Proyek
Manajemen Waktu
Proyek Konstruksi

Abstract

Construction project delays are a critical issue frequently encountered during project implementation. These delays may result from various internal factors such as labor shortages, late material deliveries, and incomplete design plans, all of which directly impact the project completion schedule. The Fault Tree Analysis (FTA) method needs to be applied to the Amaris Extension Gorontalo project to identify and mitigate delay-causing factors that pose a risk to timely project completion. The FTA method is used to identify the root causes of project delays by analyzing the basic failure factors. Data were collected through observations, interviews, and project schedules. The analysis was conducted by constructing a fault tree. This study was carried out on the Amaris Extension Gorontalo project with a duration of 365 days. The results of the study indicate that delays were primarily caused by incomplete design planning, labor shortages, and issues related to materials and execution. The Fault Tree Analysis (FTA) method successfully identified the root causes and the top events with the highest probability of occurrence in weeks 19 and 20. These findings provide a solid foundation for improving future project management.

Abstrak

Keterlambatan proyek konstruksi merupakan salah satu masalah krusial yang sering terjadi dalam pelaksanaan pembangunan. Permasalahan ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor internal seperti kurangnya tenaga kerja, keterlambatan pengiriman material, hingga perencanaan gambar yang kurang lengkap, yang berdampak langsung pada jadwal penyelesaian proyek. Metode Fault Tree Analysis perlu diterapkan pada proyek Amaris Extension Gorontalo untuk menghindari faktor-faktor penghambat yang menimbulkan resiko terlambatnya proyek. Metode Fault Tree Analysis (FTA) digunakan untuk mengidentifikasi penyebab keterlambatan proyek dengan menganalisis faktor dasar kegagalan. Data diperoleh dari observasi, wawancara, dan jadwal proyek. Analisis dilakukan dengan menyusun pohon kesalahan. Studi ini dilakukan pada proyek Amaris Extension Gorontalo yang berdurasi 365 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterlambatan disebabkan oleh perencanaan gambar yang kurang lengkap, kurangnya tenaga kerja, serta masalah material dan pelaksanaan. Metode Fault Tree Analysis (FTA) berhasil mengidentifikasi akar penyebab dan top event dengan probabilitas tertinggi pada minggu ke-19 dan 20. Hasil ini memberikan dasar yang kuat untuk perbaikan manajemen proyek ke depan.

Corresponding Author:

Raul Fauzan Ishak
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Gorontalo
raulishak73@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Keterlambatan dalam pekerjaan pembangunan konstruksi gedung sering terjadi. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor seperti faktor alam, faktor pengguna jasa dan faktor-faktor lainnya. Perlunya menganalisis keterlambatan pekerjaan sebagai salah satu cara untuk mengetahui faktor apa saja yang menghambat pelaksanaan pekerjaan proyek sehingga menimbulkan resiko yang kemungkinan terjadi (Wahyuningtyas & Waskito, 2021; Sungkana et al., 2023). Analisis keterlambatan pekerjaan dapat dilakukan dengan menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA) (Nabilah & Sucita, 2022; Lorenza & Rahman, 2023; Suryaningrum et al., 2024). Metode Fault Tree Analysis (FTA) adalah suatu analisis pohon kesalahan sederhana yang dapat dijelaskan sebagai metode analitis (Hasibuan et al., 2021; Sriwindiarto, 2023). Metode ini memiliki keunggulan dapat melakukan pengembangan desain, identifikasi arah kesalahan dan mudah diubah ke pengukuran probabilitas (Fadilah, 2023; Sungkana et al., 2023). Akar penyebab keterlambatan proyek antara lain keterlambatan serah terima lahan, perubahan desain, pekerjaan yang tidak sesuai dengan shop drawing, eksternal, internal, teknis dan legal (Sulistiyo, 2021; Aditya, 2024). Penggunaan variabel tersebut sangat mendukung dalam pengembangan metode FTA. Oleh karena itu, Fault Tree Analysis perlu diterapkan pada proyek Amaris Extension Gorontalo untuk menghindari faktor-faktor penghambat yang menimbulkan resiko terlambatnya proyek tersebut.

Metode Fault Tree Analysis (FTA) pertama kali dikembangkan pada tahun 1962 oleh Watson dan Mearbs di Bell Laboratories, Amerika Serikat (Mayangsari et al., 2015; Jiang, 2024; Zhang et al., 2024). Mereka merancang metode ini untuk menganalisis dan meningkatkan sistem perlindungan pada rudal balistik antarbenua (ICBM) dalam proyek sistem Manuteman milik Angkatan Udara AS, yang menuntut tingkat keselamatan dan keandalan yang sangat tinggi. Pada tahun berikutnya, Dave Haasl dari Boeing melihat bahwa FTA memiliki potensi besar sebagai alat analisis keselamatan yang efektif. FTA menggunakan pendekatan dari atas ke bawah (top-down approach), di mana analisis dimulai dari level sistem dan kemudian ditelusuri ke tingkat komponen penyebab (Six Sigma, 2021). Dalam konteks penelitian ini, sistem yang dimaksud adalah pelaksanaan proyek konstruksi, sementara kegagalan merujuk pada terjadinya keterlambatan proyek.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi beberapa pertanyaan utama, yaitu: apa saja faktor yang menjadi penyebab keterlambatan proyek berdasarkan analisis menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA), apa yang menyebabkan keterlambatan pelaksanaan pekerjaan pada proyek Amaris Extension Gorontalo, serta berapa banyak kejadian penting (top event) yang terjadi dalam proyek tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab keterlambatan dalam pelaksanaan proyek, menganalisis keterlambatan tersebut dengan menggunakan metode FTA, serta mengetahui kejadian penting (top event) yang perlu mendapatkan perhatian lebih dalam manajemen proyek.

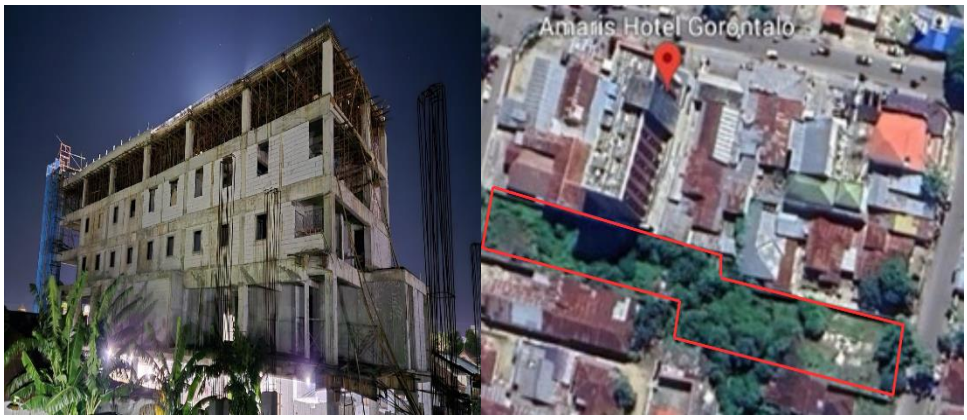
Agar penelitian lebih terarah dan tidak melebar dari fokus utama, maka diperlukan pembatasan ruang lingkup. Penelitian ini hanya dilakukan pada item pekerjaan yang telah dilaksanakan dalam proyek Amaris Extension Gorontalo. Masalah yang diteliti terbatas pada faktor-faktor penyebab keterlambatan, sementara hal-hal yang tidak berkaitan dengan keterlambatan tidak dibahas dalam penelitian ini. Selain itu, kategori risiko yang dianalisis hanya mencakup risiko keterlambatan internal.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain sebagai masukan bagi pihak-pihak yang terlibat dalam proyek, termasuk perusahaan kontraktor dan pemilik proyek, agar dapat menghindari keterlambatan serupa di masa mendatang. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai acuan dalam pengambilan langkah-langkah perbaikan terhadap metode pelaksanaan, khususnya pada item pekerjaan yang mengalami keterlambatan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang diambil pada penelitian ini adalah Proyek Amaris *Extension* Gorontalo.



Gambar 1. Lokasi penelitian

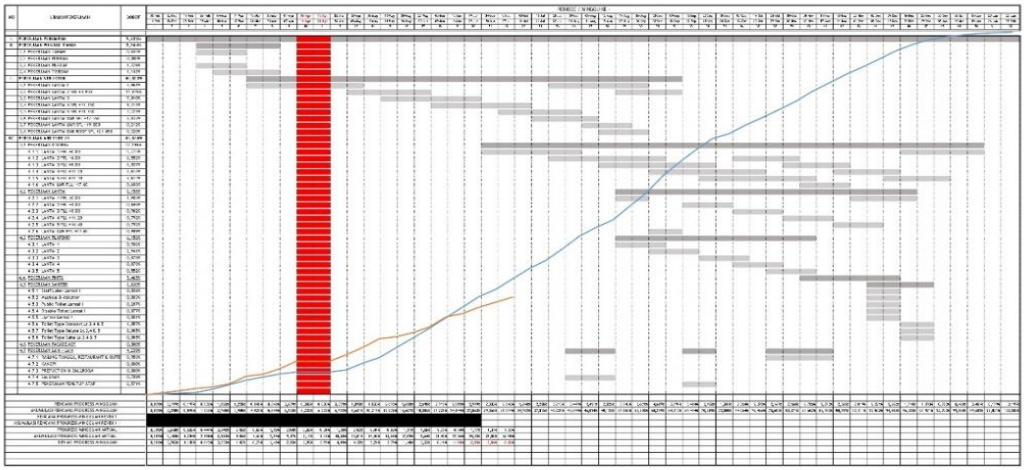
2.2 Data Penelitian

2.2.1 Data Primer

Untuk melakukan tinjauan pada time schedule pada proyek ini maka dilakukan penelitian dengan cara menganalisis data yang diperoleh melalui observasi atau pengamatan langsung terhadap pekerjaan yang sedang berlangsung pada pembangunan di lapangan. Untuk melengkapi data yang diperlukan maka dilakukan wawancara mengenai hambatan pada setiap pekerjaan yang dilakukan kepada pengawas lapangan selaku penanggung jawab on site.

2.2.2 Data Sekunder

Data ini berbentuk naskah tertulis yang diperoleh melalui penelusuran dokumen yang relevan dengan masalah sehingga dapat mendukung penelitian ini. Dokumen yang diperlukan pada penelitian ini adalah time schedule (Kurva S).



Gambar 2. Kurva S
(Sumber: Dokumen Amaris Extension Gorontalo)

2.3 Teknik Pengumpulan Data

2.3.1 Teknik Observasi

Teknik ini digunakan untuk mengumpulkan data dengan cara mengamati langsung objek dan kondisi yang ada di lokasi penelitian sesuai dengan permasalahan penelitian.

2.3.2 Studi Dokumen

Teknik ini digunakan untuk memperoleh data kuantitatif dan kualitatif secara langsung dari sumbernya sehingga diperoleh informasi yang sangat banyak.

2.4 Metode Analisis Data

Setelah data terkumpul, kemudian data tersebut dianalisa dengan cara:

a. Mengidentifikasi penyebab keterlambatan pada proyek pembangunan dan membuat tabel yang menunjukkan sub pekerjaan yang mengalami keterlambatan.
b. Setelah mengidentifikasi penyebab keterlambatan pada proyek, selanjutnya membuat pohon kesalahan (fault tree) untuk menjabarkan penyebab keterlambatan dalam proyek tersebut.Untuk penelitian kualitatif seperti penelitian tindakan kelas, studi kasus, dan lain-lain, perlu ditambahkan kehadiran peneliti, subyek penelitian, informan yang ikut

membantu beserta cara-cara menggali data-data penelitian, lokasi dan lama penelitian serta uraian mengenai pengecekan keabsahan hasil penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Deskripsi Variabel Keterlambatan Berdasarkan Data Primer

Penelitian ini mengidentifikasi empat variabel utama yang berkontribusi terhadap keterlambatan proyek, yaitu: manajemen konstruksi, kontraktor, tenaga kerja, dan material. Analisis terhadap masing-masing variabel dilakukan melalui validasi data primer berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan pihak-pihak terkait dalam proyek Amaris Extension Gorontalo.

3.1.1 Faktor Manajemen Konstruksi

Berdasarkan hasil validasi, ditemukan bahwa dari lima parameter yang dianalisis (P1–P5), hanya satu parameter yang memenuhi kriteria validitas, yaitu P2. Parameter ini merujuk pada *perencanaan gambar yang kurang lengkap*, dengan nilai *r hitung* lebih besar dari *r tabel* (0.901 > 0.707), sehingga dianggap valid. Sementara itu, empat parameter lainnya tidak valid karena nilai *r hitung* berada di bawah ambang batas validitas. Hal ini menunjukkan bahwa dari sisi manajemen konstruksi, penyebab utama keterlambatan proyek terletak pada aspek perencanaan gambar yang tidak optimal. Kekurangan dalam dokumen perencanaan dapat berdampak pada ketidakjelasan pelaksanaan teknis di lapangan dan memicu kebutuhan akan revisi atau klarifikasi tambahan yang memakan waktu.

3.1.2 Faktor Kontraktor

Pada aspek kontraktor, hanya satu dari enam parameter yang memenuhi kriteria validitas, yaitu P3 yang berkaitan dengan *keterlambatan pelaksanaan pekerjaan utama*. Parameter ini memperoleh nilai *r hitung* sebesar 0.819, yang lebih tinggi dari *r tabel* 0.707. Temuan ini mengindikasikan bahwa kontribusi terbesar keterlambatan dari sisi kontraktor adalah ketidaksesuaian antara jadwal rencana dan realisasi pelaksanaan pekerjaan. Hal ini bisa dipengaruhi oleh berbagai faktor internal kontraktor, seperti kurangnya manajemen waktu, pengawasan lapangan yang lemah, atau kurangnya efisiensi dalam penggunaan sumber daya.

3.1.3 Faktor Tenaga Kerja

Validasi terhadap faktor tenaga kerja menunjukkan bahwa dari lima parameter yang dianalisis, hanya P1 yang valid. Parameter ini menunjukkan *kurangnya jumlah tenaga kerja* sebagai faktor dominan penyebab keterlambatan, dengan nilai *r hitung* sebesar 0.939. Sementara empat parameter lainnya tidak valid. Artinya, kekurangan tenaga kerja secara langsung memperlambat produktivitas dan penyelesaian pekerjaan di lapangan. Permasalahan ini dapat diperparah apabila tidak dilakukan perencanaan kebutuhan tenaga kerja secara proporsional dengan beban kerja proyek.

3.1.4 Faktor Material

Faktor keterlambatan akibat material menunjukkan dua parameter valid, yaitu P2 (*keterlambatan pengiriman material ke lokasi proyek*) dan P3 (*ketidaktersediaan material di lokasi proyek*), dengan masing-masing nilai *r hitung* sebesar 0.796 dan 0.831. Validitas dua parameter ini mengindikasikan bahwa logistik dan manajemen pengadaan material memegang peranan penting dalam ketepatan waktu pelaksanaan proyek. Ketidaktepatan pengiriman atau keterlambatan suplai dari vendor dapat menimbulkan waktu tunggu yang signifikan, sehingga berdampak langsung pada jadwal pelaksanaan pekerjaan.

Tabel 1. Rekapitulasi Validitas Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek

No	Faktor	Parameter Valid	Keterangan
1	Manajemen Konstruksi	P2 – Perencanaan gambar kurang lengkap	Valid (r = 0.901 > r tabel)
2	Kontraktor	P3 – Keterlambatan pelaksanaan pekerjaan	Valid (r = 0.819 > r tabel)
3	Tenaga Kerja	P1 – Kurangnya tenaga kerja	Valid (r = 0.939 > r tabel)
4	Material	P2 – Keterlambatan pengiriman material P3 – Ketidaktersediaan material	Valid (r = 0.796 dan 0.831 > r tabel)

Temuan validitas menunjukkan bahwa penyebab keterlambatan proyek tidak disebabkan oleh keseluruhan parameter, tetapi hanya oleh parameter-parameter tertentu yang menunjukkan nilai valid. Dengan demikian, metode Fault Tree Analysis (FTA) dapat digunakan secara efektif untuk melacak hubungan sebab-akibat dari faktor-faktor dominan tersebut menuju kejadian puncak (*top event*), yaitu keterlambatan proyek. Hasil ini sangat penting sebagai dasar dalam menyusun strategi mitigasi risiko pada pelaksanaan proyek sejenis di masa mendatang.

3.2 Perhitungan

3.2.1 Identifikasi Penyebab Keterlambatan

Untuk mengidentifikasi pekerjaan yang mengalami keterlambatan dalam proyek, peneliti melakukan analisis terhadap *time schedule* proyek hingga minggu ke-39, yaitu saat pekerjaan masih berlangsung. Selain itu, wawancara dilakukan dengan responden yang memiliki wewenang dan pemahaman terhadap seluruh

aspek pekerjaan di proyek, guna memperoleh data yang akurat mengenai penyebab keterlambatan. Berdasarkan hasil identifikasi peneliti serta informasi dari hasil wawancara, diketahui bahwa keterlambatan terjadi pada rentang minggu ke-19 hingga minggu ke-39. Adapun rincian pekerjaan yang mengalami keterlambatan adalah sebagai berikut: pada minggu ke-19 dan 20, keterlambatan terjadi pada pekerjaan struktur; pada minggu ke-21, 22, dan 23, masih pada pekerjaan struktur; pada minggu ke-24 hingga 28, keterlambatan meliputi pekerjaan struktur, arsitektur, dan saluran; pada minggu ke-28 hingga 32, keterlambatan terjadi pada pekerjaan struktur, arsitektur, dan plafond; pada minggu ke-33 hingga 36, keterlambatan mencakup pekerjaan struktur, arsitektur, lantai, dan plafond serta diikuti oleh pekerjaan mekanikal, elektrikal, dan plumbing (MEP); dan pada minggu ke-37 hingga 39, keterlambatan masih terjadi pada pekerjaan struktur, arsitektur, lantai, plafond, pintu, serta pekerjaan MEP.

3.2.2 Analisis Keterlambatan pada Pekerjaan Minggu ke-19 dan 20

Tabel 3. Keterangan dan Indeks Probabilitas Event Fault Tree Minggu ke-19 dan 20

Kode Kejadian	Keterangan	Probabilitas
A	Pekerjaan Minggu ke-19 dan 20	-
A1	Pekerjaan lantai 3	-
A1.1	Pekerjaan kolom	-
A1.1.1	Keterlambatan pengiriman material	0,6
A1.1.2	Ketidaktersediaan material di lokasi proyek	0,4
A1.1.3	Kurangnya tenaga kerja	0,4
A1.2	Pekerjaan sloof lantai 4	-
A1.2.1	Adanya perubahan desain	0,2
A1.2.2	Perencanaan gambar yang kurang lengkap	0,8
A1.2.3	Belum selesainya pekerjaan kolom lantai 3	0,2
A2	Pekerjaan pelat lantai 4	-
A2.1	Belum bisa dilaksanakannya pekerjaan pelat lantai 4 karena belum selesainya pekerjaan sloof lantai 4	0,2

Berdasarkan hasil wawancara, keterlambatan yang terjadi pada minggu ke-19 dan 20 disebabkan oleh sejumlah faktor yang saling terkait, terutama pada pekerjaan struktur bangunan. Responden menyatakan bahwa penyebab utama keterlambatan tersebut meliputi ketidaktersediaan material, kurangnya tenaga kerja, serta banyaknya perubahan desain. Analisis lebih lanjut dilakukan menggunakan pendekatan *Fault Tree Analysis* (FTA), yang menguraikan struktur logika hubungan antar faktor penyebab dalam bentuk pohon kejadian (*event tree*). Dalam tabel FTA, pekerjaan pada minggu ke-19 dan 20 (event A) dibagi ke dalam beberapa subpekerjaan, yakni pekerjaan lantai 3 (A1), yang mencakup pekerjaan kolom (A1.1) dan sloof lantai 4 (A1.2), serta pekerjaan pelat lantai 4 (A2). Pada pekerjaan kolom (A1.1), keterlambatan disebabkan oleh tiga faktor: keterlambatan pengiriman material (A1.1.1), ketidaktersediaan material di lokasi proyek (A1.1.2), dan kurangnya tenaga kerja (A1.1.3). Sementara itu, keterlambatan pekerjaan sloof lantai 4 (A1.2) disebabkan oleh adanya perubahan desain (A1.2.1), gambar perencanaan yang kurang lengkap (A1.2.2), dan belum selesainya pekerjaan kolom lantai 3 (A1.2.3). Akibat dari keterlambatan sloof tersebut, pekerjaan pelat lantai 4 (A2) juga tidak dapat dilaksanakan (A2.1).

Dari data yang diperoleh, dilakukan penilaian probabilitas terhadap masing-masing faktor keterlambatan berdasarkan indeks frekuensi nilai. Tiga kejadian utama pada A1.1 memiliki probabilitas masing-masing sebesar 0,6, 0,4, dan 0,4. Sedangkan kejadian pada A1.2 memiliki nilai probabilitas 0,2 untuk perubahan desain, 0,8 untuk gambar yang kurang lengkap, dan 0,2 untuk pekerjaan kolom yang belum selesai. Kejadian A2.1, yang merupakan dampak dari belum selesainya sloof lantai 4, memiliki probabilitas sebesar 0,2. Dengan menggunakan metode perhitungan *cut set*, nilai probabilitas keterlambatan keseluruhan pada minggu ke-19 dan 20 dihitung menggunakan rumus:

$$
\begin{aligned}
A &= A1 \times A2 \\
&= (A1.1 \times A1.2) \times A2.1 \\
&= ((A1.1.1 + A1.1.2 + A1.1.3) \times (A1.2.1 + A1.2.2 + A1.2.3)) \times A2.1 \\
&= ((0,6 + 0,4 + 0,4) \times (0,2 + 0,8 + 0,2)) \times 0,2 \\
&= (1,4 \times 1,2) \times 0,2 \\
&= 1,68 \times 0,2 \\
&= 0,336
\end{aligned}
$$

Dari hasil perhitungan tersebut, diperoleh probabilitas keterlambatan sebesar 0,336 atau 33,6%, yang menunjukkan bahwa peluang terjadinya keterlambatan pada minggu ke-19 dan 20 cukup tinggi. Hasil ini mengindikasikan pentingnya manajemen material, ketepatan dalam perencanaan gambar, serta kesiapan tenaga kerja untuk mengurangi potensi keterlambatan dalam fase struktur proyek.

3.2.3 Analisis Keterlambatan pada Pekerjaan Minggu ke-21, 22, dan 23

Tabel 4. Keterangan dan Indeks Probabilitas Event Fault Tree Minggu ke-21, 22, dan 23

Kode Kejadian	Keterangan	Probabilitas
B	Pekerjaan Minggu ke-21, 22 dan 23	-
B1	Pekerjaan lantai 4	-
B1.1	Pekerjaan kolom	-
B1.1.1	Keterlambatan pengiriman material	0,6
B1.1.2	Ketidaktersediaan material di lokasi proyek	0,4
B1.1.3	Kurangnya tenaga kerja	0,4
B1.2	Pekerjaan sloof lantai 5	-
B1.2.1	Adanya perubahan desain	0,2
B1.2.2	Perencanaan gambar yang kurang lengkap	0,8
B1.2.3	Belum selesainya pekerjaan kolom lantai 4	0,2
B2	Pekerjaan kolom lantai 5	-
B2.1	Belum bisa dilaksanakannya pekerjaan kolom lantai 5 karena belum selesainya pekerjaan sloof lantai 5	0,2
B3	Pekerjaan sloof lantai 1	-
B3.1	Belum bisa dilaksanakannya pekerjaan sloof lantai 1 karena kurangnya tenaga kerja	0,4

Keterlambatan yang terjadi pada minggu ke-21 hingga 23 melibatkan pekerjaan struktur dan arsitektur, seperti yang disampaikan oleh responden dalam wawancara. Faktor utama penyebab keterlambatan adalah ketidaktersediaan material, banyaknya perubahan desain, dan kurangnya tenaga kerja. Untuk menganalisis keterlambatan secara lebih sistematis, digunakan pendekatan Fault Tree Analysis (FTA) yang memetakan kejadian utama dan sub-sub penyebabnya secara hierarkis. Dalam diagram FTA tersebut, pekerjaan pada minggu ke-21 hingga 23 dirangkum sebagai event B. Event ini terdiri atas tiga pekerjaan utama, yaitu pekerjaan lantai 4 (B1), pekerjaan kolom lantai 5 (B2), dan pekerjaan sloof lantai 1 (B3). Pada pekerjaan lantai 4 (B1), terdapat dua bagian utama yakni pekerjaan kolom (B1.1) dan sloof lantai 5 (B1.2). Pekerjaan kolom mengalami keterlambatan karena keterlambatan pengiriman material (B1.1.1), ketidaktersediaan material di lokasi proyek (B1.1.2), dan kurangnya tenaga kerja (B1.1.3). Sementara pekerjaan sloof lantai 5 mengalami kendala akibat perubahan desain (B1.2.1), perencanaan gambar yang kurang lengkap (B1.2.2), serta belum selesainya pekerjaan kolom lantai 4 (B1.2.3). Keterlambatan ini kemudian berdampak pada pekerjaan kolom lantai 5 (B2.1), yang belum dapat dilakukan karena menunggu selesainya sloof lantai 5. Adapun pekerjaan sloof lantai 1 (B3.1) tidak bisa dilaksanakan karena kekurangan tenaga kerja.

Berdasarkan struktur pohon kejadian (*cut set*), perhitungan probabilitas keterlambatan minggu ke-21 hingga 23 dilakukan dengan rumus:

$$B = B1 \times B2 \times B3 = (B1.1 \times B1.2) \times B2.1 \times B3.1$$
$$= ((0,6 + 0,4 + 0,4) \times (0,2 + 0,8 + 0,2)) \times 0,2 \times 0,4$$
$$= (1,4 \times 1,2) \times 0,2 \times 0,4$$
$$= 1,68 \times 0,2 \times 0,4$$
$$= 0,134$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa probabilitas keterlambatan untuk pekerjaan pada minggu ke-21, 22, dan 23 adalah sebesar 0,134 atau 13,4%. Angka ini menunjukkan bahwa meskipun tingkat keterlambatan menurun dibanding minggu sebelumnya (minggu ke-19 dan 20), namun masih terdapat potensi kendala yang perlu diantisipasi, khususnya pada aspek perencanaan desain dan ketersediaan material. Oleh karena itu, dibutuhkan koordinasi yang lebih baik antara tim lapangan dan perencana untuk meminimalkan dampak keterlambatan di fase berikutnya.

3.2.4 Analisis Keterlambatan Minggu ke-24 hingga 28

Tabel 5. Keterangan dan Indeks Probabilitas Event Fault Tree Minggu ke-24, 25, 26, 27, dan 28

Kode Kejadian	Keterangan	Probabilitas

C	Pekerjaan Minggu ke-24, 25, 26, 27, dan 28	-
C1	Pekerjaan struktur	-
C1.1	Pekerjaan pelat lantai 1	-
C1.1.1	Keterlambatan pengiriman material	0,6
C1.1.2	Kurangnya tenaga kerja	0,4
C1.2	Pekerjaan kolom lantai 5	-
C1.2.1	Kurangnya tenaga kerja	0,4
C1.2.2	Adanya perubahan desain	0,2
C1.3	Pekerjaan DAK	-
C1.3.1	Belum selesainya pekerjaan kolom lantai 5	0,2
C1.3.2	Kurangnya tenaga kerja	0,4
C2	Pekerjaan arsitektur	-
C2.1	Pekerjaan dinding lantai 1	-
C2.1.1	Keterlambatan pengiriman material	0,6
C2.1.2	Kurangnya tenaga kerja	0,4
C2.2	Pekerjaan dinding lantai 2	-
C2.2.1	Belum selesainya pekerjaan dinding lantai 1	0,2
C2.2.2	Kurangnya tenaga kerja	0,4
C2.3	Pekerjaan dinding lantai 3	-
C2.3.1	Belum selesainya pekerjaan dinding lantai 2	0,2
C2.3.2	Ketidaktersediaan material di lokasi proyek	0,4
C3	Pekerjaan saluran	-
C3.1	Belum selesainya pekerjaan struktur dan arsitektur	0,2

Berdasarkan hasil wawancara dengan responden, keterlambatan pada minggu ke-24 hingga 28 terjadi pada pekerjaan struktur, arsitektur, dan pekerjaan saluran. Faktor penyebab utama meliputi ketidaktersediaan material, perubahan desain yang berulang, serta kekurangan tenaga kerja. Berdasarkan Fault Tree Analysis (FTA), pekerjaan minggu ke-24 hingga 28 dirangkum sebagai event C, dengan tiga kelompok pekerjaan utama: struktur (C1), arsitektur (C2), dan saluran (C3).

Pada pekerjaan struktur, keterlambatan meliputi pelat lantai 1 (C1.1) yang terkendala oleh keterlambatan pengiriman material (C1.1.1) dan kekurangan tenaga kerja (C1.1.2). Pekerjaan kolom lantai 5 (C1.2) juga terhambat karena kekurangan tenaga kerja (C1.2.1) serta adanya perubahan desain (C1.2.2). Selain itu, pekerjaan DAK (C1.3) belum bisa dilaksanakan karena pekerjaan kolom lantai 5 belum selesai (C1.3.1), dan juga kekurangan tenaga kerja (C1.3.2).

Sementara itu, pada pekerjaan arsitektur ditemukan keterlambatan pada dinding lantai 1 hingga lantai 3, masing-masing karena keterlambatan pengiriman material (C2.1.1), keterlambatan akibat belum selesainya pekerjaan sebelumnya (C2.2.1, C2.3.1), dan ketidaktersediaan material di lokasi proyek (C2.3.2). Keterlambatan juga diperparah oleh kekurangan tenaga kerja di hampir semua subpekerjaan.

Adapun pekerjaan saluran (C3.1) belum dapat dilaksanakan karena pekerjaan struktur dan arsitektur sebelumnya belum selesai. Ini menunjukkan bahwa keterlambatan pada fase-fase awal memiliki efek domino terhadap pekerjaan lanjutan.

Berdasarkan data frekuensi kejadian yang diolah dalam bentuk probabilitas pada Tabel 4.10, dilakukan perhitungan nilai probabilitas total keterlambatan dengan rumus:

$C = (C1.1 \times C1.2 \times C1.3) \times (C2.1 \times C2.2 \times C2.3) \times C3.1$

$= ((0,6 + 0,4) \times (0,4 + 0,2) \times (0,2 + 0,4)) \times ((0,6 + 0,4) \times (0,2 + 0,4) \times (0,2 + 0,4)) \times 0,2$

$= (1,0 \times 0,6 \times 0,6) \times (1,0 \times 0,6 \times 0,6) \times 0,2$

$= 0,36 \times 2,52 \times 0,2$

$= 0,181$

Nilai probabilitas 0,181 atau 18,1% menunjukkan tingkat keterlambatan yang cukup signifikan, terutama karena banyaknya pekerjaan yang saling bergantung dan terhambat secara berurutan. Faktor dominan dalam keterlambatan ini adalah kurangnya tenaga kerja dan logistik material, yang seharusnya dapat diminimalkan dengan manajemen rantai pasok yang lebih efektif serta koordinasi desain yang lebih matang sejak awal.

3.2.5 Analisis Keterlambatan Minggu ke-29 hingga 32

Tabel 6. Keterangan dan Indeks Probabilitas Event Fault Tree Minggu ke-29, 30, 31, dan 32

Kode Kejadian	Keterangan	Probabilitas
D	Pekerjaan Minggu ke-29, 30, 31, dan 32	-
D1	Pekerjaan struktur	-
D1.1	Pekerjaan pelat lantai 1	-
D1.1.1	Belum selesainya pekerjaan pelat lantai 1 ballroom	0,2
D1.1.2	Kurangnya tenaga kerja	0,4
D1.2	Pekerjaan pelat lantai 2	-
D1.2.1	Belum selesainya pekerjaan pelat lantai 2 ballroom	0,2
D1.2.2	Kurangnya tenaga kerja	0,4
D1.3	Pekerjaan LMR	-
D1.3.1	Belum selesainya pekerjaan kolom LMR lantai 5	0,2
D1.3.2	Kurangnya tenaga kerja	0,4
D1.4	Pekerjaan rooftop	-
D1.4.1	Belum selesainya pekerjaan lantai rooftop	0,2
D1.4.2	Keterlambatan pengiriman material	0,6
D2	Pekerjaan arsitektur	-
D2.1	Pekerjaan dinding lantai 2	-
D2.1.1	Belum selesainya pekerjaan interior lantai 2	0,2
D2.1.2	Perencanaan gambar yang kurang lengkap	0,8
D2.2	Pekerjaan dinding lantai 3	-
D2.2.1	Belum selesainya pekerjaan interior lantai 3	0,2
D2.2.2	Keterlambatan pengiriman material	0,6
D2.3	Pekerjaan dinding lantai 4	-
D2.3.1	Belum selesainya pekerjaan interior lantai 4	0,2
D2.3.2	Kurangnya tenaga kerja	0,4
D3	Pekerjaan plafond	-
D3.1	Pekerjaan plafond ballroom lantai 1	-
D3.1.1	Belum selesainya pekerjaan pelat lantai 1 ballroom	0,2
D3.1.2	Adanya perubahan desain	0,2
D3.2	Pekerjaan plafond ballroom lantai 2	-
D3.2.1	Kurangnya tenaga kerja	0,4
D3.2.2	Belum selesainya pekerjaan plafond ballroom lantai 1	0,2

Pada minggu ke-29 hingga 32, keterlambatan semakin meluas ke pekerjaan struktur, arsitektur, dan plafon. Hasil wawancara menunjukkan bahwa kendala utama adalah ketidaksediaan material, perencanaan gambar yang tidak lengkap, perubahan desain yang mendadak, serta kekurangan tenaga kerja. Berdasarkan Fault Tree Analysis, event D merepresentasikan pekerjaan pada minggu tersebut, yang terdiri dari tiga bagian besar: pekerjaan struktur (D1), arsitektur (D2), dan plafon (D3).

Dalam pekerjaan struktur, pelat lantai 1 dan 2 ballroom (D1.1 dan D1.2) tidak bisa dilanjutkan karena bagian sebelumnya belum selesai (D1.1.1 dan D1.2.1) dan kurangnya tenaga kerja (D1.1.2 dan D1.2.2). Pekerjaan LMR (D1.3) dan rooftop (D1.4) juga mengalami keterlambatan karena kendala serupa, termasuk keterlambatan pengiriman material (D1.4.2).

Pada bagian arsitektur, dinding lantai 2 hingga 4 (D2.1, D2.2, D2.3) semuanya terhambat karena pekerjaan interior sebelumnya belum selesai (D2.1.1, D2.2.1, D2.3.1), perencanaan gambar yang kurang lengkap (D2.1.2), dan keterlambatan pengiriman material (D2.2.2), disertai kekurangan tenaga kerja (D2.3.2).

Adapun pekerjaan plafon (D3) sangat dipengaruhi oleh keterlambatan struktur sebelumnya. Misalnya, pekerjaan plafond ballroom lantai 1 (D3.1) tertunda karena pelat lantai belum selesai (D3.1.1) dan adanya perubahan desain (D3.1.2), serta pekerjaan plafon lantai 2 (D3.2) juga tertunda karena pekerjaan plafon lantai 1 belum selesai (D3.2.2) dan tenaga kerja yang terbatas (D3.2.1).

Perhitungan probabilitas dilakukan dengan rumus:

D = (D1.1 × D1.2 × D1.3 × D1.4) × (D2.1 × D2.2 × D2.3) × (D3.1 × D3.2)
= ((0,2 + 0,4) × (0,2 + 0,4) × (0,2 + 0,4) × (0,2 + 0,6)) × ((0,2 + 0,8) × (0,2 + 0,6) × (0,2 + 0,4)) × ((0,2 + 0,2) × (0,4 + 0,2))
= (0,6 × 0,6 × 0,6 × 0,8) × (1,0 × 0,8 × 0,6) × (0,4 × 0,6)
= 1,512 × 0,48 × 0,24 = 0,174

Dengan probabilitas sebesar 0,174 atau 17,4%, menunjukkan bahwa tingkat keterlambatan masih cukup tinggi. Kompleksitas pekerjaan dan keterkaitan antar bagian menjadi penyebab dominan, di mana pekerjaan tidak dapat dimulai sebelum bagian sebelumnya selesai. Selain itu, perencanaan gambar yang tidak lengkap menjadi penghambat signifikan yang mengindikasikan perlunya revisi dan sinkronisasi lebih awal dalam fase desain.

3.2.6 Analisa Keterlambatan Pada Pekerjaan Minggu ke-33, 34, 35, dan 36

Tabel 7. Keterangan dan Indeks Probabilitas Event Fault Tree Minggu ke-33, 34, 35, dan 36

Kode Kejadian	Keterangan	Probabilitas
E	Pekerjaan Minggu ke 33, 34, 35 dan 36	-
E1	Pekerjaan struktur	-
E1.1	Pekerjaan pelat lantai 2 ballroom	-
E1.1.1	Kurangnya tenaga kerja	0,4
E1.1.2	Ketidaktersediaan material di lokasi proyek	0,4
E1.2	Pekerjaan ballroom lantai 3	-
E1.2.1	Belum selesainya pekerjaan pelat lantai 2 ballroom	0,2
E1.2.2	Kurangnya tenaga kerja	0,4
E2	Pekerjaan arsitektur	-
E2.1	Pekerjaan dinding lantai 1	-
E2.1.1	Kurangnya tenaga kerja	0,4
E2.1.2	Perencanaan gambar yang kurang lengkap	0,8
E2.2	Pekerjaan dinding lantai 2	-
E2.2.1	Belum selesainya pekerjaan dinding lantai 1	0,2
E2.2.2	Belum selesainya pekerjaan MEP	0,4
E2.3	Pekerjaan dinding lantai 3	-
E2.3.1	Belum selesainya pekerjaan MEP	0,4
E2.3.2	Adanya perubahan desain	0,2
E2.4	Pekerjaan dinding lantai 4	-
E2.4.1	Belum selesainya pekerjaan dinding lantai 3	0,2
E2.4.2	Belum selesainya pekerjaan MEP	0,4
E2.5	Pekerjaan dinding lantai 5	-
E2.5.1	Belum selesainya pekerjaan dinding lantai 4	0,2
E2.5.2	Keterlambatan pengiriman material	0,6
E2.6	Pekerjaan LMR	-
E2.6.1	Belum selesainya pekerjaan interior lantai 5	0,2
E2.6.2	Belum selesainya pekerjaan MEP	0,4
E3	Pekerjaan lantai	-
E3.1	Pekerjaan lantai 1	-
E3.1.1	Material yang dikirim tidak sesuai	0,2
E3.1.2	Ketidaktersediaan material di lokasi proyek	0,4
E3.2	Pekerjaan lantai 2	-
E3.2.1	Ketidaktersediaan material di lokasi proyek	0,4
E3.2.2	Belum selesainya pekerjaan lantai 1	0,2
E3.3	Pekerjaan lantai 3	-
E3.3.1	Belum selesainya pekerjaan lantai 2	0,2

E3.3.2	Kurangnya tenaga kerja	0,4
E4	Pekerjaan plafond	-
E4.1	Pekerjaan plafond lantai 1	-
E4.1.1	Belum selesainya pekerjaan MEP	0,4
E4.1.2	Kurangnya tenaga kerja	0,4
E4.2	Pekerjaan plafond lantai 2	-
E4.2.1	Belum selesainya pekerjaan MEP	0,2
E4.2.2	Adanya perubahan desain	0,2
E4.3	Pekerjaan plafond lantai 3	-
E4.3.1	Belum selesainya pekerjaan MEP	0,4
E4.3.2	Belum selesainya pekerjaan plafond lantai 2	0,2
E4.4	Pekerjaan plafond lantai 4	-
E4.4.1	Belum selesainya pekerjaan plafond lantai 3	0,2
E4.4.2	Kurangnya tenaga kerja	0,4
E5	Pekerjaan lain-lain	-
E5.1	Pekerjaan railing tangga	-
E5.1.1	Adanya perubahan desain	0,2
E5.1.2	Kurangnya tenaga kerja	0,4
E5.2	Pekerjaan saluran	-
E5.2.1	Adanya perubahan desain	0,2
E5.2.2	Belum selesainya pekerjaan MEP	0,4
E5.3	Pekerjaan penutup atap ballroom	-
E5.3.1	Belum selesainya pekerjaan plafond ballroom	0,2
E5.3.2	Kurangnya tenaga kerja	0,4

Berdasarkan hasil wawancara, keterlambatan pada minggu ke-33 hingga minggu ke-36 terjadi pada pekerjaan struktur, arsitektur, lantai, plafond, dan pekerjaan lainnya. Faktor-faktor utama yang memengaruhi keterlambatan pada periode ini meliputi ketidaktersediaan material, perencanaan gambar yang kurang lengkap, kendala pekerjaan MEP (mekanikal, elektrikal, dan plumbing), serta kurangnya tenaga kerja.

Struktur fault tree analysis (FTA) pada minggu ini disusun dalam lima kelompok besar pekerjaan: struktur (E1), arsitektur (E2), lantai (E3), plafond (E4), dan pekerjaan lainnya (E5). Masing-masing kelompok terdiri dari subpekerjaan dan faktor penyebab keterlambatan.

Berdasarkan perhitungan probabilitas minimal cut set, diperoleh:

$$E = E1 \times E2 \times E3 \times E4 \times E5$$
$$= ((E1.1.1 + E1.1.2) \times (E1.2.1 + E1.2.2)) \times ((E2.1.1 + E2.1.2) \times (E2.2.1 + E2.2.2) \times (E2.3.1 + E2.3.2) \times (E2.4.1 + E2.4.2) \times (E2.5.1 + E2.5.2) \times (E2.6.1 + E2.6.2)) \times ((E3.1.1 + E3.1.2) \times (E3.2.1 + E3.2.2) \times (E3.3.1 + E3.3.2)) \times ((E4.1.1 + E4.1.2) \times (E4.2.1 + E4.2.2) \times (E4.3.1 + E4.3.2) \times (E4.4.1 + E4.4.2)) \times ((E5.1.1 + E5.1.2) \times (E5.2.1 + E5.2.2) \times (E5.3.1 + E5.3.2))$$
$$= 0{,}48 \times 0{,}124 \times 0{,}216 \times 0{,}115 \times 0{,}216$$
$$= 0{,}003$$

3.2.7 Analisa Keterlambatan Pada Pekerjaan Minggu ke-37, 38, dan 39

Tabel 8. Keterangan dan Indeks Probabilitas Event Fault Tree Minggu ke-37, 38, dan 39

Kode Kejadian	Keterangan	Probabilitas
F	Pekerjaan Minggu ke 37, 38 dan 39	-
F1	Pekerjaan struktur	-
F1.1	Pekerjaan pelat lantai 1	-
F1.1.1	Kondisi proyek yang tidak memadai	0,4
F1.1.2	Kurangnya tenaga kerja	0,4
F1.2	Pekerjaan kolom lantai 4 ballroom	-
F1.2.1	Kurangnya tenaga kerja	0,4
F1.2.2	Ketidaktersediaan material di lokasi proyek	0,4

Kode Kejadian	Keterangan	Probabilitas
F2	Pekerjaan arsitektur	-
F2.1	Pekerjaan interior ballroom lantai 1	-
F2.1.1	Adanya perubahan desain	0,2
F2.1.2	Perencanaan gambar yang kurang lengkap	0,8
F2.2	Pekerjaan interior ballroom lantai 2	-
F2.2.1	Belum selesainya pekerjaan interior ballroom lantai 1	0,2
F2.2.2	Adanya perubahan desain	0,2
F2.3	Pekerjaan MEP ballroom lantai 2	-
F2.3.1	Belum selesainya pekerjaan interior ballroom lantai 2	0,2
F2.3.2	Kurangnya tenaga kerja	0,4
F2.4	Pekerjaan interior ballroom lantai 3	-
F2.4.1	Belum selesainya pekerjaan MEP lantai 2	0,2
F2.4.2	Belum selesainya pekerjaan interior lantai 2	0,2
F2.5	Pekerjaan interior lantai 4	-
F2.5.1	Ketidaktersediaan material di lokasi proyek	0,4
F2.5.2	Keterlambatan pengiriman material	0,6
F2.6	Pekerjaan interior lantai 5	-
F2.6.1	Kurangnya tenaga kerja	0,4
F2.6.2	Belum selesainya pekerjaan interior lantai 4	0,2
F2.7	Pekerjaan LMR	-
F2.7.1	Belum selesainya pekerjaan MEP lantai 5	0,4
F2.7.2	Belum selesainya pekerjaan interior lantai 5	0,2
F3	Pekerjaan lantai	-
F3.1	Pekerjaan lantai 1 ballroom	-
F3.1.1	Kondisi proyek yang tidak memadai	0,4
F3.1.2	Kurangnya tenaga kerja	0,4
F3.2	Pekerjaan lantai 2 ballroom	-
F3.2.1	Material yang dikirim tidak sesuai	0,2
F3.2.2	Ketidaktersediaan material di lokasi proyek	0,4
F3.3	Pekerjaan lantai 3 ballroom	-
F3.3.1	Belum selesainya pekerjaan lantai 2 ballroom	0,2
F3.3.2	Kurangnya tenaga kerja	0,4
F3.4	Pekerjaan lantai 4	-
F3.4.1	Belum selesainya pekerjaan lantai 3	0,2
F3.4.2	Material yang dikirim tidak sesuai	0,2
F4	Pekerjaan plafond	-
F4.1	Pekerjaan plafond lantai 4	-
F4.1.1	Belum selesainya pekerjaan interior lantai 4	0,2
F4.1.2	Belum selesainya pekerjaan MEP lantai 4	0,4
F4.2	Pekerjaan plafond lantai 5	-
F4.2.1	Adanya perubahan desain	0,2
F4.2.2	Kurangnya tenaga kerja	0,4
F5	Pekerjaan pintu	-
F5.1	Keterlambatan pengiriman material	0,6
F6	Pekerjaan lain-lain	-
F6.1	Pekerjaan railing tangga	-

Kode Kejadian	Keterangan	Probabilitas
F6.1.1	Material yang dikirim tidak sesuai	0,2
F6.1.2	Ketidaktersediaan material di lokasi proyek	0,4
F6.2	Pekerjaan saluran	-
F6.2.1	Belum selesainya pekerjaan MEP	0,4
F6.2.2	Kurangnya tenaga kerja	0,4

Pada minggu ke-37 hingga 39, keterlambatan masih terjadi pada pekerjaan struktur, arsitektur, lantai, plafond, dan pekerjaan pintu serta pekerjaan tambahan lainnya. Penyebab utamanya meliputi material yang dikirim tidak sesuai spesifikasi, ketidaktersediaan material di lokasi proyek, perencanaan gambar yang kurang lengkap, serta kendala pada pekerjaan kelistrikan (MEP) dan keterbatasan tenaga kerja.
Berdasarkan fault tree minggu ini, perhitungan probabilitas total adalah sebagai berikut:

$$F = F1 \times F2 \times F3 \times F4 \times F5 \times F6$$
$$= ((F1.1.1 + F1.1.2) \times (F1.2.1 + F1.2.2)) \times ((F2.1.1 + F2.1.2) \times (F2.2.1 + F2.2.2) \times (F2.3.1 + F2.3.2) \times (F2.4.1 + F2.4.2) \times (F2.5.1 + F2.5.2) \times (F2.6.1 + F2.6.2) \times (F2.7.1 + F2.7.2)) \times ((F3.1.1 + F3.1.2) \times (F3.2.1 + F3.2.2) \times (F3.3.1 + F3.3.2) \times (F3.4.1 + F3.4.2)) \times ((F4.1.1 + F4.1.2) \times (F4.2.1 + F4.2.2)) \times (F5.1) \times ((F6.1.1 + F6.1.2) \times (F6.2.1 + F6.2.2))$$
$$= 0{,}64 \times 0{,}057 \times 0{,}115 \times 0{,}336 \times 0{,}6 \times 0{,}48$$
$$= 0{,}004$$

Probabilitas yang kecil menunjukkan bahwa pada tahap ini, meskipun masih terdapat beberapa masalah, dampaknya terhadap keseluruhan proyek relatif kecil.

4. KESIMPULAN DAN SARAN/REKOMENDASI

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada proyek Amaris Extension Gorontalo mengenai analisis keterlambatan dapat di ambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Faktor penyebab terjadinya keterlambatan berdasarkan data primer ada 5. Pertama berada di variabel manajemen konstruksi dengan faktor keterlambatan Perencanaan gambar yang kurang lengkap, dengan hasil R hitung 0,901. Kedua berada di variabel kontraktor dengan faktor Keterlambatan pelaksanaan pekerjaan utama, dengan hasil R hitung 0,819. Ketiga berada di variabel tenaga kerja dengan faktor Kurangnya tenaga kerja, dengan hasil R hitung 0,939. Keempat berada di variabel material dengan faktor Keterlambatan pengiriman material ke lokasi proyek, dengan R hitung 0,796. Kelima berada di variabel material dengan faktor Ketidaktersediaan material di lokasi proyek, dengan hasil R hitung 0,831.
2. Analisis keterlambatan pekerjaan menggunakan metode Fault Tree Analysis dengan angka probabilitas 0 – 1, dimana jika hasil perhitungan mendekati angka 0 maka keterlambatan akan kecil terjadi dan jika mendekati angka 1 maka keterlambatan akan terjadi. Berdasarkan metode *Fault Tree* yang telah dipakai peneliti untuk melakukan penelitian di proyek tersebut didapatkan probabilitas 0,832 yang artinya proyek sudah terlambat, akan tetapi masih bisa diselesaikan dengan mengurangi faktor penyebab keterlambatan.
3. Kejadian penting (*top event*) yang harus mendapat perhatian terjadi pada e*vent* A, karena probabilitas event A lebih besar dibandingkan dengan probabilitas dari *event* lain dengan nilai probabilitas 0,336. Pada *event* A ini material yang dikirim masih banyak mengalami keterlambatan dan para pekerja yang sedikit untuk melaksanakan pekerjaan struktur yang sangat membutuhkan tenaga kerja lebih.

4.2 Saran/Rekomendasi

Setelah peneliti melakukan pengolahan data, maka terdapat saran yaitu:

1. Pekerjaan yang mengalami keterlambatan sangat banyak diakibatkan banyak pekerja dari luar Gorontalo yang berjumlah 42 orang yang beberapa dari mereka sering pulang ke daerah masing-masing dan dari pihak proyek tidak mengambil tenaga kerja lokal. Dikarenakan kurangnya tenaga kerja, maka peneliti menyarankan untuk mengambil tenaga kerja lokal.
2. Penelitian ini juga dapat menjadi suatu pertimbangan terhadap pihak kontraktor dalam memperhitungkan apa saja penyebab keterlambatan dalam suatu proyek.
3. Untuk peneliti selanjutnya, sebaiknya melakukan penelitian dengan lebih banyak variabel dalam faktor keterlambatan.

REFERENSI

Aditya, I. (2024). *Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Villa Pradana House Prerenan, Badung* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Bali).

Fadilah, M. N. (2023). Analisis Penyebab Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan Scaffolding Dengan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (Fta)(Studi Kasus: Proyek Rs Uii).

Hasibuan, Y. M., Nasution, R. H., Harahap, U. N., Pratiwi, R. A., & Hia, W. K. (2021). Analisis penerapan program keselamatan kerja dalam usaha meningkatkan produktivitas kerja dengan pendekatan fault tree analysis dan hazard and operability study. *Jurnal Simetri Rekayasa*, *3*(2), 248-256.

Jiang, Y. (2024). *Risk assessment of grain bin engulfment and entrapment using fault tree analysis and fuzzy fault tree analysis* (Master's thesis, Iowa State University).

Lorenza, D., & Rahman, T. (2023). Analisis Penyebab Keterlambatan Proses Produksi Proyek Cradle Dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA). *Jurnal Logistica*, *1*(2), 36-42.

Mayangsari, D. F., Adianto, H., & Yuniati, Y. (2015). Usulan Pengendalian Kualitas Produk Isolator Dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (Fmea) Dan Fault Tree Analysis (Fta). *Reka Integra*, *3*(2).

Nabilah, T., & Sucita, I. K. (2022). Analisis Penyebab Keterlambatan Arsitektur Proyek Apartemen dengan Metode Fault Tree Analysis. *Jurnal Prokons*, *16*(2), 94-101.

Six Sigma. (2021). All about Fault Tree Analysis. https://www.6sigma.us/rca/all-about-fault-tree-analysis/

Sriwindiarto, H. (2023). Analisis Perancangan Jig Machining Base Crankshaft Pulley Puller pada Mesin CNC Milling dengan Metode FMEA dan FTA di PT. XYZ. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, *7*(4), 1653-1662.

Sulistiyo, G. (2021). Improvement Terhadap Keterlambatan Pada Proyek Pabrik Garam Camplong Dengan Menggunakan Lean Six Sigma For Construction.

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.

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.

Suryaningrum, A., Rudianto, H., Mahmudi, A., & Prasetyo, E. (2024). Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (Studi Kasus Pembangunan Office Headquarter Surabaya). *INTER TECH*, *2*(1), 18-29.

Wahyuningtyas, A., & Waskito, J. P. H. (2021). Analisa Faktor Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Pembangunan Jembatan Joyoboyo. *axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, *9*(2), 071-078.

Zhang, B., Yang, N., Gao, F., Zhang, X., Wang, J., Fu, H., & Ma, J. (2024, February). Research on the method of building power transformer fault tree based on fault cases. In *Ninth International Conference on Energy Materials and Electrical Engineering (ICEMEE 2023)* (Vol. 12979, pp. 1313-1318). SPIE.