

**ANALISIS PENYEBAB DAN DAMPAK KETERLAMBATAN PROYEK
MENGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS* DAN *EVENT
TREE ANALYSIS* PADA PEKERJAAN PINTU JENDELA
ALUMINIUM (STUDI KASUS PROYEK ITB
INNOVATION PARK BANDUNG)**

Muhammad Farham Zulfikri¹, I Nyoman Suardika², Gusti Ayu Wulan Krisna Dewi³

¹ Mahasiswa Sarjana Terapan Manajemen Proyek Konstruksi Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali-80364

^{2,3} Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali-80364

Email korespondensi: farhamzulfikri@gmail.com

ABSTRACT

Project delays are often difficult problem to avoid. Aluminum door and window installation plays a crucial role in building. These components are often the final elements in the finishing process, so these delays can impact the project schedule. The ITB Innovation Park Bandung project used approximately 650 aluminum frames. The work was scheduled for completion in June 2024, but was only completed at the end of October 2024. The purpose of this study was to determine the main risk factors causing delays and to determine the impact of delays in aluminum door and window work on the ITB Innovation Park Bandung Project.

This study uses the Fault Tree Analysis (FTA) method, explaining various interactions that cause delays. Furthermore, the Event Tree Analysis (ETA) method is used to assess the consequences of an event by mapping a series of possible outcomes. FTA and ETA play an important role as a basis for assessing the risk level of project delays in the installation of aluminum doors and windows for the ITB Innovation Park project. The method used is the distribution of questionnaires to respondents. The questionnaire results contain primary data used for analysis in the study.

Identification of factors causing project delays through FTA with two dominant aspects, the production process does not run according to plan with a probability of 0.970 and a suboptimal project management system with 0.861. The probability of project delay is calculated by combining the minimum cut set of factors in FTA, showing a high probability of 0.958, reflecting systemic delays and involving many project elements simultaneously. The impact of delays based on ETA, the more failed pivotal events, the project risk increases significantly. ETA shows the highest risk of suboptimal preventive controls with the "high" category according to the risk matrix.

Keywords: *aluminum doors and windows, delay, Event Tree Analysis, Fault Tree Analysis*

ABSTRAK

Keterlambatan proyek sering kali menjadi masalah yang sulit dihindari. Pekerjaan pemasangan pintu dan jendela aluminium berperan penting dalam sebuah bangunan. Komponen ini sering menjadi elemen terakhir dalam proses finishing, sehingga keterlambatan ini dapat memengaruhi jadwal proyek. Proyek ITB *Innovation Park* Bandung menggunakan ± 650 kusen aluminium. Pekerjaan direncanakan selesai pada bulan Juni 2024, baru dapat diselesaikan pada akhir Oktober 2024. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui faktor utama risiko penyebab terjadinya keterlambatan dan mengetahui dampak yang ditimbulkan dari keterlambatan pekerjaan pintu dan jendela aluminium pada Proyek ITB *Innovation Park* Bandung.

Penelitian ini menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), menjelaskan berbagai interaksi yang menyebabkan keterlambatan. Selain itu, metode *Event Tree Analysis* (ETA) digunakan untuk menilai konsekuensi suatu kejadian dengan memetakan serangkaian kemungkinan yang terjadi. FTA dan ETA berperan penting sebagai landasan dalam menilai tingkat risiko keterlambatan proyek pada pemasangan pintu dan jendela aluminium proyek ITB *Innovation Park*. Metode yang digunakan adalah penyebaran kuesioner kepada responden. Hasil kuesioner berisi data primer yang digunakan untuk analisis dalam penelitian.

Identifikasi faktor penyebab keterlambatan proyek melalui FTA dengan dua aspek dominan, proses produksi tidak berjalan sesuai rencana dengan probabilitas 0,970 dan sistem manajemen proyek yang kurang optimal dengan 0,861. Probabilitas keterlambatan proyek dihitung gabungan minimal *cut set* faktor dalam FTA, menunjukkan probabilitas tinggi sebesar 0,958, mencerminkan keterlambatan sistemik dan melibatkan banyak elemen proyek secara simultan. Dampak keterlambatan berdasarkan ETA, semakin banyak pivotal event yang gagal, risiko proyek meningkat signifikan. ETA menunjukkan risiko tertinggi pada kontrol pencegahan yang tidak optimal dengan kategori “*high*” sesuai *risk matrix*.

Kata kunci: *Event Tree Analysis*, *Fault Tree Analysis*, keterlambatan, pintu dan jendela aluminium

PENDAHULUAN

Bangunan gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus [3]. Salah satu aspek krusial dalam proyek konstruksi bangunan gedung adalah pengendalian waktu penyelesaian pekerjaan, yang secara langsung dapat mempengaruhi mutu pekerjaan dan menyebabkan biaya tambahan yang tidak tercantum dalam kontrak. Namun, keterlambatan proyek sering kali menjadi masalah yang sulit dihindari, termasuk pada pekerjaan spesifik seperti pemasangan pintu dan jendela aluminium.

Pekerjaan pemasangan pintu dan jendela aluminium memiliki peran penting dalam sebuah bangunan, baik dari sisi fungsionalitas maupun estetika. Komponen ini sering kali menjadi elemen terakhir dalam proses finishing, sehingga keterlambatan pada pekerjaan ini dapat memengaruhi keseluruhan jadwal proyek. Proyek ITB *Innovation Park* Bandung merupakan salah satu proyek yang menggunakan ± 650 kusen aluminium. Pekerjaan yang awalnya direncanakan selesai pada bulan Juni tahun 2024 baru dapat diselesaikan pada akhir bulan Oktober tahun 2024. Situasi ini berpotensi menimbulkan kerugian bagi pihak terkait proyek tersebut. Sebagai upaya mengatasi keterlambatan, kontraktor melakukan percepatan pekerjaan, seperti penambahan tenaga kerja dan penambahan waktu kerja. Meskipun langkah ini dapat membantu mengurangi dampak keterlambatan, proyek tetap mengalami penundaan waktu.

Berdasarkan hal tersebut, maka perlu adanya tinjauan mengenai keterlambatan proyek. Dalam hal ini peneliti akan melakukan analisis berbasis metode *Fault Tree Analysis* (FTA), karena metode ini lebih efektif dalam menjelaskan berbagai interaksi yang menyebabkan keterlambatan pada suatu proyek. Penjelasan mengenai keterlambatan dijelaskan secara logis dan sistematis, sehingga dapat dipahami dengan mudah. Selain itu dapat membantu dalam merumuskan tindakan pencegahan yang tepat untuk menghilangkan faktor-faktor mendasar, sehingga mencegah terjadinya kerugian serupa.

Dengan mengidentifikasi penyebab keterlambatan melalui metode *Fault Tree Analysis* (FTA), langkah berikutnya, yaitu mengevaluasi kemungkinan dampak dari potensi kegagalan menggunakan metode *Event Tree Analysis* (ETA). Metode ini bertujuan untuk menilai dampak suatu kejadian dengan memetakan serangkaian kemungkinan yang dapat terjadi. Analisa dilakukan dengan meninjau peristiwa awal, kemudian mencari masalah lain yang dapat timbul dari dasar sistem tersebut.

Penelitian serupa pernah dilakukan pada proyek pembangunan Apartemen Taman Melati Surabaya. Proyek direncanakan selesai dengan waktu 2 tahun, namun kenyataannya mengalami keterlambatan akibat banyaknya faktor yang menghambat pelaksanaan pekerjaan. Hasil analisis dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) menyatakan probabilitas keterlambatan sebesar 0.7342 dan hasil analisis *Event Tree Analysis* (ETA), skenario dampak yang mempunyai tingkat risiko "high" adalah *initiating event* keterlambatan yang diakibatkan oleh kontraktor.

Penelitian keterlambatan proyek pada pekerjaan arsitektur dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) juga pernah dilakukan dengan studi kasus proyek X dimana hasil penelitian membuktikan bahwa probabilitas keterlambatan pada pekerjaan arsitektur sebesar 0,921 dengan faktor dominan berupa faktor manusia yang disebabkan karena adanya pekerjaan repair dan rework dengan probabilitas 0,309. Kedua penelitian tersebut memiliki kemiripan dengan proyek ITB *Innovation Park* Bandung, sehingga hasil dan temuan yang dihasilkan dapat dijadikan acuan yang relevan dan diterapkan dalam penelitian ini.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor utama yang menjadi risiko penyebab terjadinya keterlambatan pada pekerjaan pintu dan jendela aluminium Proyek ITB *Innovation Park* dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Selain itu, bertujuan untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan dari keterlambatan pada pekerjaan pintu dan jendela aluminium pada Proyek ITB *Innovation Park* Bandung jika dianalisis menggunakan metode *Event Tree Analysis* (ETA).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan rancangan deskriptif kuantitatif. Sementara itu, metode penelitian kuantitatif adalah pendekatan yang bersifat induktif, objektif, dan ilmiah, dengan data yang diperoleh berupa angka atau pernyataan yang kemudian dievaluasi dan dianalisis menggunakan teknik statistik. Penelitian ini memilih studi kasus pada proyek pembangunan ITB *Innovation Park* yang mana proyek gedung tersebut berlokasi di Desa Cisaranten Kidul, Kecamatan Gedebage, Kota Bandung, Jawa Barat. Pembangunan gedung tersebut mempunyai 14 lantai + 2 basement pada gedung 1 dan 12 lantai + 2 basement pada gedung 2. Sumber data terdiri dari jenis data, instrumen penelitian, dan metode pengumpulan data. Jenis data primer diperoleh langsung dari sumber utama, baik melalui individu, wawancara, maupun pengisian kuesioner dari peneliti, sehingga diperoleh hasil untuk analisis. Data primer yang digunakan pada penelitian ini adalah wawancara dan kuesioner yang diisi oleh pihak-pihak yang terlibat pada pekerjaan pintu dan jendela aluminium pada proyek ITB *Innovation Park* Bandung. Data sekunder diperoleh peneliti tidak langsung dari objek penelitian, melainkan melalui sumber lain, baik berupa informasi lisan maupun tulisan. Dalam penelitian ini, data sekunder yang digunakan adalah *Time Schedule*. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuesioner berupa daftar pertanyaan atau pernyataan yang diisi oleh responden. Kuesioner dirancang dan disebarkan kepada responden, yaitu pihak-pihak yang terlibat langsung dalam pekerjaan pintu dan jendela aluminium pada proyek ITB *Innovation Park* Bandung. Tujuan kuesioner ini adalah untuk mengevaluasi penyebab dan dampak keterlambatan pada proyek tersebut. Analisis penyebab dan dampak pekerjaan pintu dan jendela aluminium proyek ITB *Innovation Park* Bandung dengan beberapa indikator pertanyaan sebagai berikut:

a. Proses produksi

- Terdapat beberapa faktor keterlambatan pada proses produksi yaitu:
- Lahan (*opening* kusen) yang terlambat
- Kedatangan material kusen aluminium yang cukup lama
- Kondisi peralatan yang kurang memadai
- Pengaruh lingkungan
- Tenaga kerja

- Perubahan desain/gambar
- b. Manajemen sistem yang kurang baik
 - Kontrol terhadap manajemen kurang efektif
 - Kurangnya komunikasi lapangan

Narasumber berdasarkan keterlibatan dalam pekerjaan, yaitu Konsultan MK, kontraktor utama, dan sub kontraktor yang secara keseluruhan berjumlah 30 orang. Metode pengumpulan data dengan melakukan observasi langsung di lokasi proyek untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan keterlambatan pada proyek. Selain itu, observasi ini juga digunakan untuk mengetahui perkembangan proyek secara aktual di lapangan. Observasi dilaksanakan sebanyak tiga kali, pada tanggal 28 Juni 2024, 4 Juli 2024, dan 7 Agustus 2024 bertepatan dengan tahapan kritis pekerjaan dalam jadwal pelaksanaan proyek. Responden wawancara adalah pihak-pihak yang memiliki keahlian dan pemahaman terhadap persoalan proyek. Penentuan responden menggunakan metode *purposive sampling*.

Penelitian ini menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) atau diagram pohon kesalahan yang memfokuskan untuk mencari penyebab kegagalan dan tidak membahas tentang akibat yang terjadi dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menetapkan peristiwa puncak atau *top event* yang akan dianalisis.
- b. Menggambarkan diagram pohon kesalahan untuk memahami hubungan logis antara *basic event* dan *top event*. Prosedur ini dimulai dengan *top event* dan berlanjut melalui peristiwa-peristiwa berikutnya hingga tiba pada *basic event*.
- c. Menentukan minimal digambarkan berdasarkan data probabilitas peristiwa dasar. Penilaian risiko melibatkan evaluasi frekuensi kejadian atau probabilitas untuk mengukur risiko selama suatu periode.

Penelitian ini menggunakan *Event tree analysis* untuk mengidentifikasi skenario dampak/efek yang akan terjadi. *Event tree analysis* berfungsi untuk menilai berbagai dampak potensial yang berasal dari suatu peristiwa serta untuk memperkirakan dan mengevaluasi probabilitas setiap konsekuensi yang mungkin terjadi. Berikut adalah prosedur dan langkah-langkah dalam melakukan *Event Tree Analysis*:

- a. Identifikasi sistem atau aktivitas dengan memilih kegiatan yang akan dianalisis.
- b. Lakukan penilaian risiko untuk menentukan kejadian awal yang relevan, dengan demikian memilih kejadian yang paling signifikan untuk dianalisis.
- c. Tentukan kejadian kritis atau *pivotal event* dengan menentukan *pivotal event* yang dapat mengurangi dampak dari insiden awal.

- d. Periksa perkembangan hasil kegagalan dengan mengevaluasi hasil untuk setiap rute dalam pohon kejadian, serta identifikasi kemungkinan dan dampak yang terkait dengan hasil tersebut.
- e. Evaluasi implikasi risiko dengan menggunakan matriks penilaian dampak risiko untuk memastikan nilai konsekuensi dan risiko yang teridentifikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

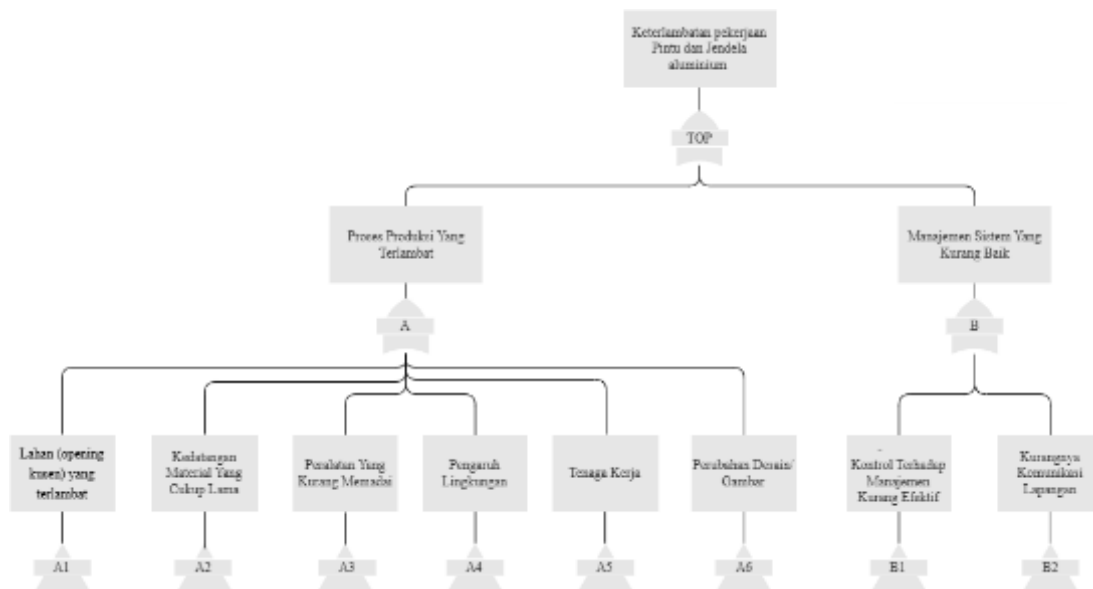
Proyek pembangunan ITB *Innovation Park*, yang dimiliki oleh Institut Teknologi Bandung (ITB) dan dilaksanakan oleh PT. WG-WIKA KSO dengan Subkontraktor PT. Pelitamaju Multiswakarsa sebagai kontraktor pekerjaan pintu dan jendela aluminium. Pekerjaan ini ditargetkan selesai pada Juni tahun 2024. Namun, proyek ini baru dapat diselesaikan akhir bulan Oktober tahun 2024. Berdasarkan dokumen serah terima kontraktor kepada subkontraktor pekerjaan pintu dan jendela aluminium dibagi menjadi 2 tipe yaitu tipe dengan Performa (*Finished Goods*) dan tipe Bar Arsitektur (*SF Bar Series*). Hal ini mencerminkan kompleksitas pekerjaan arsitektur pada proyek tersebut, serta menuntut koordinasi dan manajemen material yang baik agar seluruh elemen dapat dipasang secara tepat waktu dan sesuai spesifikasi teknis.

Berdasarkan hasil analisis dari *Project Manager* pihak kontraktor yang bertanggung jawab atas pemasangan pintu dan jendela aluminium, ditemukan bahwa faktor-faktor sekitar proyek memberikan dampak signifikan terhadap kelancaran kegiatan konstruksi. Namun, terdapat beberapa kendala yang terjadi seperti lahan yang belum siap, lingkungan yang kurang mendukung, peralatan yang kurang memadai, kualitas tenaga kerja yang kurang sesuai berpotensi untuk menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek dari jadwal yang telah ditetapkan. Selain itu, kurangnya kerja sama antara kontraktor, subkontraktor dan pemilik proyek dalam hal dukungan dan fasilitasi juga menjadi faktor penghambat dalam proses pembangunan. Di sisi lain, General Manager dari subkontraktor mengemukakan bahwa lambatnya proses pengambilan keputusan serta persetujuan teknis, seperti approval material dan *shop drawing*, merupakan penyebab utama lainnya yang berkontribusi terhadap terhambatnya progres proyek secara keseluruhan.

Hasil kuesioner terhadap 30 responden dievaluasi dengan memastikan validitas dan reliabilitas dari 32 butir pernyataan. Kuesioner ini mengelompokkan isu keterlambatan ke dalam dua kategori utama, yaitu permasalahan yang bersumber dari kendala teknis dalam proses produksi dan hambatan yang ditimbulkan oleh sistem manajemen yang tidak optimal. Uji validitas dilakukan dengan membandingkan nilai r -hitung yang lebih besar daripada r -tabel sehingga dianggap valid untuk proses analisis selanjutnya. Seluruh pernyataan valid dan dilanjutkan uji reliabilitas menilai konsistensi kuesioner dalam memperoleh data. Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, seluruh variabel menunjukkan nilai Cronbach's Alpha yang melebihi ambang batas minimum sebesar 0,60. Hal ini

mengindikasikan bahwa instrumen kuesioner yang digunakan dalam penelitian ini memiliki tingkat konsistensi internal yang baik, sehingga dapat dinyatakan reliabel dan layak digunakan sebagai alat ukur dalam mengumpulkan data.

Analisis faktor penyebab menggunakan FTA dengan mempertimbangkan berbagai kondisi lingkungan dan operasional yang relevan guna menelusuri seluruh kemungkinan penyebab yang dapat memicu terjadinya kegagalan tersebut. Analisis ini diuraikan dalam bentuk diagram.



Gambar 1. Diagram FTA yang mengalami keterlambatan pada pekerjaan pintu dan jendela aluminium

Berdasarkan penjelasan tersebut, dapat dirumuskan *basic event* struktur FTA dan dilakukan analisis kuantitatif dengan prinsip *logic gate* hukum probabilitas. Tujuan analisis ini untuk identifikasi *cut set* dan *minimal cut set* dari sistem. Rangkaian tersebut menunjukkan informasi *minimal cut set* penyebab keterlambatan. Berikut merupakan tabel *minimal cut set* proses produksi dan sistem manajemen yang tidak optimal.

Tabel 1. Minimal *cut set* proses produksi

No	Kode	Kejadian	Probabilitas
1	A.1.1	Keterlambatan pada pekerjaan struktur	0,2
2	A.1.2	Kurangnya tenaga kerja yang membuat <i>opening</i> kusen	0,4
3	A.1.3	Terlambatnya kedatangan material pendukung	0,6
4	A.1.4	Kualitas pelaksanaan pekerjaan <i>opening</i> kusen yang tidak sesuai dengan gambar	0,4
5	A.2.1	Lamanya Proses Produksi dari supplier	0,6
6	A.2.2	Waktu Fabrikasi yang Panjang	0,6
7	A.2.3	Ketidakterediaan Material di Pasaran	0,8
8	A.2.4	Persetujuan (Approval) Material yang Lambat	0,6
9	A.2.5	Terlambatnya proses pembayaran kepada supplier	0,4
10	A.2.6	Lamanya proses pengiriman	0,6
11	A.3.1	Mudah rusaknya alat bantu kerja	0,4
12	A.3.1.1	Pemakaian alat kerja yang melebihi batas	0,6
13	A.3.1.2	Spesifikasi alat kerja yang kurang baik	0,4
14	A.3.2	Fasilitas alat kerja yang terbatas	0,6
15	A.4.1	Sumber listrik yang tidak optimal	0,2
16	A.4.2	Curah hujan yang tinggi selama periode pelaksanaan proyek	0,4
17	A.5.1	Keterbatasan jumlah tenaga kerja	0,6
18	A.5.2	Adanya persaingan internal di antara pekerja	0,6
19	A.5.3	Tingkat <i>turnover</i> tenaga kerja yang tinggi	0,6
20	A.5.4	Produktivitas tenaga kerja yang tidak optimal	0,8
21	A.5.4.1	Kurangnya kompetensi teknis pekerja	0,4
22	A.5.4.2	Munculnya tuntutan kenaikan upah	0,6
23	A.6.1	Kesalahan atau ketidakjelasan gambar	0,4
24	A.6.2	Perbedaan antar gambar	0,4
25	A.6.3	Terlambatnya revisi dan persetujuan perubahan gambar	0,6
26	A.6.4	Terlambatnya Approval Shop Drawing	0,6
Total			0,970

Sumber: Hasil analisis, 2025

Tabel 2. Minimal *cut set* sistem manajemen yang tidak optimal

No	Kode	Kejadian	Probabilitas
1	B.1.1	Penerapan standar yang terlalu tinggi	0,4
2	B.1.2	Pengawasan yang tidak berjalan optimal	0,2
3	B.1.3	Keterbatasan sumber daya untuk aktivitas monitoring pekerjaan	0,2
4	B.2.1	Hasil evaluasi pekerjaan tidak diimplementasikan	0,4
5	B.2.2	Kurangnya efektivitas komunikasi antara tim lapangan dan tim engineering	0,4
6	B.2.3	Lemahnya Koordinasi antara pengawas lapangan (Kontraktor) dan subkontraktor	0,2
Total			0,861

Sumber: Hasil analisis, 2025

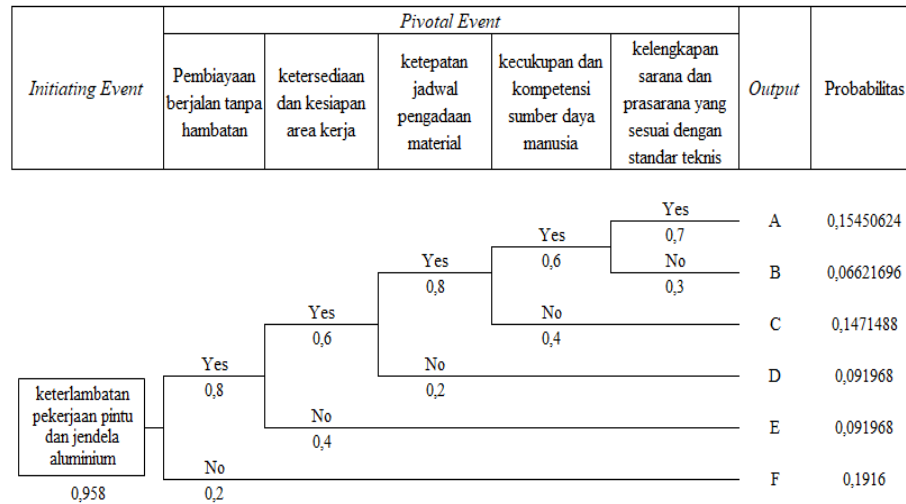
Berdasarkan data yang ditampilkan dalam Tabel 4.10 dan Tabel 4.11, diperoleh bahwa nilai probabilitas untuk masing-masing minimal *cut set* pada *Fault Tree Analysis* (FTA) terhadap kejadian “proses produksi yang terlambat” adalah sebesar 0,970. Sementara itu, probabilitas untuk kejadian “sistem manajemen yang tidak optimal” tercatat sebesar 0,861. Dengan demikian, estimasi total probabilitas dari gabungan kedua minimal *cut set* yang berkontribusi terhadap top event dapat dihitung.

$$\begin{aligned}
 T &= C1 + C2 + \dots + Cn \\
 &= 0,970 + 0,861 \\
 &= 0,958
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa probabilitas terjadinya *top event* yang disebabkan oleh proses produksi yang terlambat dan sistem manajemen yang tidak optimal adalah sebesar 0,958. keterlambatan pada proses produksi menunjukkan tingkat probabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem manajemen yang tidak optimal. Kondisi ini disebabkan oleh dominannya aktivitas proyek yang berkaitan langsung dengan tahapan produksi, sehingga memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan risiko terhambatnya pelaksanaan proyek secara keseluruhan.

Diagram *Event Tree Analysis* (ETA) adalah metode analisis yang digunakan untuk mengevaluasi konsekuensi keterlambatan pelaksanaan proyek pembangunan ITB *Innovation Park* pada pekerjaan pintu dan jendela aluminium. Konsekuensi dari keterlambatan pekerjaan pintu dan jendela aluminium

yang dikelompokkan menjadi 5 *pivotal event*, yaitu: ketersediaan dan kesiapan area kerja, ketepatan jadwal pengadaan material, efektivitas sistem manajemen proyek, kecukupan dan kompetensi sumber daya manusia, serta kelengkapan sarana dan prasarana yang sesuai dengan standar teknis.



Gambar 2. Diagram ETA akibat keterlambatan pada pekerjaan pintu dan jendela aluminium pada proyek ITB *Innovation Park* Bandung

Setiap jalur *output* dalam ETA memiliki probabilitas tertentu yang ditentukan oleh kemungkinan terjadinya atau tidak terjadinya *pivotal event* yang telah ditetapkan. Pada studi kasus ini, pekerjaan pintu dan jendela aluminium di Proyek ITB *Innovation Park* Bandung memiliki nilai kontrak sebesar Rp10.434.000.000,00. Berikut merupakan ringkasan dari masing-masing *output* yang dapat dilihat pada tabel.

Tabel 3. Ringkasan dari masing-masing *output*

Output	Durasi	Denda (Rp.)		Probabilitas
		Terkecil	Terbesar	
A	1 hari – 1 minggu	Rp10.434.000	Rp73.038.000	0,15450624
B	1 minggu – 2 minggu	Rp73.038.000	Rp146.076.000	0,06621696
C	2 minggu – 4 minggu	Rp146.076.000	Rp292.152.000	0,1471488
D	4 minggu – 6 minggu	Rp292.152.000	Rp438.228.000	0,091968

E	6 minggu – 8 minggu	Rp438.228.000	Rp584.304.000	0,30656
F	Pekerjaan gagal			0,1916

Sumber: Hasil analisis, 2025

Dari hasil analisis diperoleh bahwa keterlambatan memberikan pengaruh signifikan terhadap aspek waktu pelaksanaan, biaya proyek, serta kelangsungan jalannya proyek secara keseluruhan. Risiko-risiko yang muncul telah diklasifikasikan menggunakan *Frequency Index* (FI) dan *Severity Index* (SI), yang menunjukkan bahwa sebagian besar risiko berada dalam kategori tinggi.

Secara keseluruhan, pembahasan pada bab ini berhasil menjelaskan secara menyeluruh penyebab utama keterlambatan serta konsekuensi yang ditimbulkan, sehingga dapat dijadikan acuan dalam perencanaan dan pengendalian proyek di masa yang akan datang agar keterlambatan serupa dapat diminimalisir.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pada penelitian yang telah dilakukan mengenai “Analisis Penyebab dan Dampak Keterlambatan Proyek Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* dan *Event Tree Analysis* pada Pekerjaan Pintu Jendela Aluminium (Studi Kasus Proyek ITB *Innovation Park* Bandung)”, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Faktor penyebab utama keterlambatan proyek yang teridentifikasi melalui *Fault Tree Analysis* (FTA) meliputi dua aspek dominan, yaitu proses produksi yang tidak berjalan sesuai rencana dengan probabilitas 0,970 dan sistem manajemen proyek yang kurang optimal 0,861. Probabilitas keterlambatan proyek secara keseluruhan yang dihitung berdasarkan gabungan minimal *cut set* dari seluruh faktor dalam FTA menunjukkan tingkat probabilitas tinggi yaitu sebesar 0,958, yang mencerminkan bahwa keterlambatan bersifat sistemik dan melibatkan banyak elemen proyek secara simultan.
2. Dampak dari keterlambatan proyek berdasarkan analisis *Event Tree Analysis* (ETA), menunjukkan bahwa skenario risiko tertinggi terjadi ketika sebagian besar kontrol pencegahan tidak berfungsi, mengarah pada risiko proyek dalam kategori "High" dalam *risk matrix*. Dari analisis tersebut diperoleh bahwa semakin banyak *pivotal event* yang gagal ditangani, maka tingkat risiko proyek akan meningkat secara signifikan. Dengan mempertimbangkan nilai kontrak proyek sebesar Rp10.434.000.000,00, keterlambatan berpotensi menimbulkan kerugian finansial sebesar Rp584.304.000.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andiyan, A., Syamil, A., Nusantara, B., & Samosir, J. M. (2023). *Manajemen Proyek :Teori & Penerapannya*. <https://www.researchgate.net/publication>
- [2] Mangengre, S. (2019). Implementasi Metode Fault Tree Analysis Untuk Analisis Kecacatan Produk. *Journal of Industrial Engineering Management*, 4(1), 47. <https://doi.org/10.33536/jiem.v4i1.288>
- [3] *PermenPUPR No 20 Tahun 2021 Tentang Bangunan Gedung dan Fungsi Khusus*. (2021).
- [4] *Produsen Profil Aluminium Terbaik di Indonesia | YKK AP*. (t.t.). Diambil 21 Oktober 2024, dari <https://www.ykkap.co.id/>
- [5] Suryaningrum, A., Rudianto, H., Mahmudi, A., & Prasetyo, E. (2024). *Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (Studi Kasus Pembangunan Office Headquarter Surabaya)*. 2(1). <https://doi.org/10.54732/i.v2i1.1104>
- [6] Wibisono, K. (2021). *Analisis Keterlambatan Proyek Fiscal Metering Dengan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis Pada PT. XYZ*.
- [7] Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R & D*.
- [8] Redana, F. (2016). *Analisa Keterlambatan Pada Proyek Pembangunan Jacket Structure*.
- [9] Griffin, Ricky W. 2021. *Management*. United States of America: Cengage Learning.
- [10] Rosdianto, Moch. A. (2017). *Analisa Risiko Keterlambatan Proyek Pembangunan Apartemen Di Apartemen Taman Melati Surabaya*.
- [11] Andiyan, A., Syamil, A., Nusantara, B., & Samosir, J. M. (2023). *MANAJEMEN PROYEK : Teori & Penerapannya*.
- [12] Adivitanto, I. (2023). *Metode Kerja Pekerjaan Kusen Pintu dan Jendela Aluminium Pembangunan Gedung 1 dan 2 ITB Innovation Park (IIP) Bandung Teknopolis (SBSN ITB)*.
- [13] *A Guide To The Project Management Body Of Knowledge : (PMBOK Guide) -Fourth Edition*. (2008). Project Management Institute.