

ANALISIS FAKTOR KETERLAMBATAN PROYEK PEMBANGUNAN KAPAL BARU MENGGUNAKAN METODE FTA DAN ETA

Nabilah Putri Salihah¹⁾, Fitri Hardiyanti, ST., MT, M.Eng²⁾, dan Ambikka, S.Si, M,MT³⁾

¹Manajemen Bisnis, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

²Manajemen Bisnis, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

³Manajemen Bisnis, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

E-mail: nabilaps614@gmail.com

Abstract

Indonesia, as the largest maritime nation in the world, holds a significant responsibility in safeguarding its maritime sovereignty. To support this, the Indonesian Navy (TNI AL) requires modern defense equipment such as warships. A national shipyard company is responsible for constructing these vessels. However, the ship construction project experienced a delay of up to nine (9) months from the planned schedule, necessitating an analysis to prevent future delays. This study employs the Fault Tree Analysis (FTA) and Event Tree Analysis (ETA) methods. FTA is used to identify the main causes of delay, with the highest factor being the implementation of Work from Home during the COVID-19 pandemic, having a probability value of 0.0738. ETA is applied to assess the impacts of delay, with one of the outputs showing a probability value of 0.2715, which indicates a significant likelihood of project disruption. The results of the analysis highlight the importance of regular evaluation, stronger coordination between teams, and improved resource planning. This research is expected to reduce the risk of delays in warship construction projects and ensure project efficiency and timeliness.

Keywords: ETA, FTA, Project delay, Warship Construction

Abstrak

Indonesia sebagai negara maritim terbesar di dunia memiliki tanggung jawab dalam menjaga kedaulatan laut. Untuk mendukung hal tersebut, dibutuhkan alutsista modern seperti kapal. Sebuah perusahaan galangan kapal nasional di Surabaya bertanggung jawab dalam pembangunan kapal tersebut. Namun, proyek pembangunan kapal mengalami keterlambatan hingga sembilan bulan dari jadwal yang direncanakan, sehingga perlu dilakukan analisis untuk mencegah keterlambatan serupa. Penelitian ini menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Event Tree Analysis (ETA). FTA digunakan untuk mengidentifikasi penyebab utama keterlambatan, dengan hasil tertinggi yaitu penerapan Work from Home saat pandemi COVID-19 dengan nilai probabilitas 0,0738. ETA digunakan untuk mengevaluasi dampak keterlambatan, dengan salah satu output bernilai probabilitas 0,2715 yang menunjukkan tingkat kemungkinan dampak cukup signifikan terhadap kelangsungan proyek. Hasil analisis menekankan pentingnya evaluasi berkala, penguatan koordinasi antar tim, serta perencanaan sumber daya yang lebih baik. Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi risiko keterlambatan proyek pembangunan kapal agar lebih efisien dan tepat waktu.

Kata kunci: ETA, FTA, Keterlambatan Proyek, Kontruksi Kapal

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki wilayah laut seluas 6,4 juta km² (UU No. 6 Tahun 1996) yang menuntut adanya sistem pertahanan modern, salah satunya berupa kapal. Salah satu perusahaan galangan kapal nasional yang terletak di Surabaya memegang peran penting dalam pembangunan kapal tersebut. Menurut pandangan lama, sebuah proyek seperti pembangunan kapal dikatakan berhasil jika pembangunan diselesaikan tepat waktu, sesuai anggaran dan kualitas baik. Proyek yang baik itu diperlukan adanya perencanaan jadwal yang matang dan penganggaran biaya seminimal mungkin untuk mencegah terjadinya keterlambatan ataupun pemborosan biaya pada proyek yang dikerjakan, sehingga waktu penyelesaian dan biaya proyek dapat memberikan keuntungan maksimal untuk pihak kontraktor (Reksohadiprodjo, 1987). Namun, proyek pembangunan kapal yang diteliti mengalami keterlambatan hingga sembilan bulan dari jadwal yang direncanakan. Keterlambatan ini disebabkan oleh berbagai faktor, seperti keterlambatan material impor, keterbatasan tenaga kerja, fasilitas yang kurang memadai, serta faktor manajerial. Dampak dari keterlambatan mencakup meningkatnya biaya operasional, terganggunya jadwal operasional, dan risiko penurunan kepercayaan dari mitra maupun pelanggan. Proses pembangunan kapal perang tidak selamanya berjalan dengan lancar, oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi mendalam untuk mengetahui penyebab dan dampak dari keterlambatan. Metode yang diterapkan dalam menganalisis faktor keterlambatan proyek pembangunan kapal perang yaitu *Fault Tree Analysis* (FTA). Sedangkan untuk mengetahui dampak dari keterlambatan pembangunan kapal perang menggunakan metode *Event Tree Analysis* (ETA). Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dipilih karena mampu mengidentifikasi secara sistematis akar penyebab kegagalan melalui struktur logika yang mudah dipahami. FTA memberikan gambaran kuantitatif mengenai probabilitas terjadinya suatu peristiwa, sehingga dapat digunakan untuk menentukan faktor mana yang paling kritis terhadap keterlambatan proyek. Sementara itu, *Event Tree Analysis* (ETA) dipilih karena mampu memodelkan konsekuensi dari suatu peristiwa awal (*initiating event*) ke dalam berbagai skenario yang mungkin terjadi, lengkap dengan probabilitasnya. Kombinasi FTA dan ETA memungkinkan analisis yang lebih komprehensif, yaitu tidak hanya mengetahui penyebab keterlambatan tetapi juga memahami dampak yang ditimbulkannya, sehingga hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar dalam penyusunan strategi mitigasi risiko pada proyek pembangunan kapal baru. Temuan dalam penelitian ini mengindikasikan perlunya upaya pencegahan dan mitigasi untuk meminimalkan keterlambatan pembangunan kapal agar perusahaan dapat

menjalankan misinya dengan baik.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu: (1) Apa saja faktor yang dapat menyebabkan keterlambatan proyek pembangunan kapal dengan metode Fault Tree Analysis (FTA)? Dan (2) Apa saja dampak yang terjadi dari keterlambatan proyek pembangunan kapal dengan metode Event Tree Analysis (ETA)? Adapun tujuan penelitian dilakukan adalah untuk mengidentifikasi faktor penyebab proyek keterlambatan proyek menggunakan FTA, serta menganalisis dampak yang ditimbulkan menggunakan ETA.

2. Metode Penelitian

Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) digunakan untuk menentukan akar penyebab permasalahan dan kemungkinan terjadinya kejadian tertentu yang tidak diinginkan (Ericson, 2005). Metode ETA digunakan untuk memperkirakan dampak atau kemungkinan skenario yang dapat terjadi setelah suatu peristiwa utama, seperti keterlambatan dalam proyek pembangunan kapal (Isabela, 2023). Penelitian ini merupakan penelitian dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Penyusunan FTA dan ETA dilakukan dengan wawancara dan penyebaran kuesioner kepada 5 (lima) *expert judgment* yang memiliki kontribusi langsung dalam pembangunan proyek kapal. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan sebagai berikut: (1) identifikasi faktor penyebab keterlambatan melalui wawancara, (2) penyusunan kuesioner berbasis skala likert nilai 1-5 untuk menilai probabilitas *basic event*, (3) pengolahan data kuesioner untuk menentukan nilai probabilitas pada FTA, (4) penentuan *minimal cut set* sebagai faktor penyebab paling kritis, (5) Identifikasi *pivotal event* akibat keterlambatan pembangunan melalui wawancara (6) Penyusunan *Event Tree Analysis* untuk memetakan dampak keterlambatan, dan (7) interpretasi hasil wawancara, probabilitas serta *output* ETA

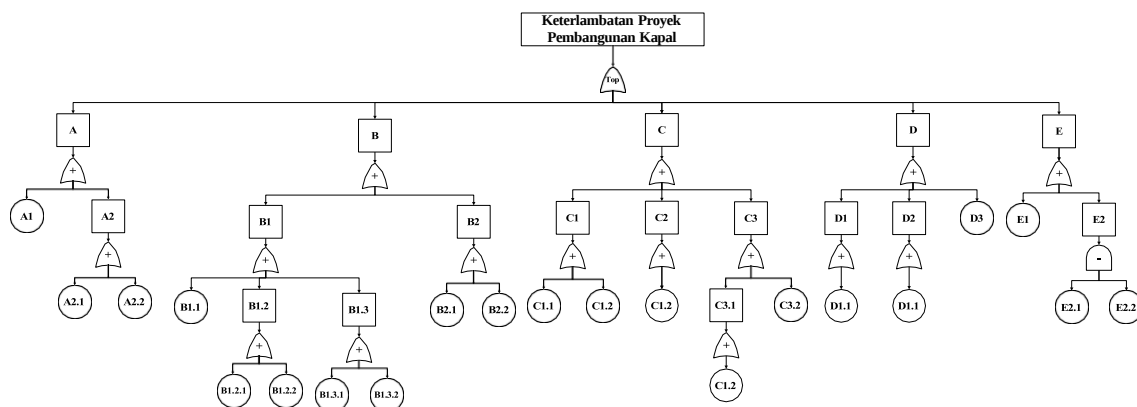
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

3.1.1 *Fault Tree Analysis*

3.1.1.1 Diagram FTA

Analisa penyebab keterlambatan pada proyek pembangunan kapal memiliki 5 *intermediate event* tingkat pertama yaitu faktor perubahan desain, faktor tenaga kerja, faktor keterlambatan *equipment*, faktor manajerial dan faktor fasilitas produksi yang kurang memadai. Setelah melakukan wawancara dilanjutkan dengan pembuatan diagram *fault tree* yang dibantu dengan *software* Microsoft Visio.



Gambar 1. Diagram FTA

Adapun keterangan lengkap terkait 35 kode *event* pada diagram *fault tree* keterlambatan proyek pembangunan kapal dijabarkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Basic Event FTA

Kode Kejadian	Nama Kejadian	Kode Kejadian	Nama Kejadian
A	Faktor perubahan desain	B2.1	Kurangnya regenerasi tenaga kerja
B	Faktor tenaga kerja	B2.2	Pengurangan MPP (<i>Manpower Planning</i>)
C	Faktor keterlambatan <i>equipment</i>	C1	Material impor terlambat
D	Faktor manajerial	C1.1	Durasi pengiriman lama
E	Faktor fasilitas kurang memadai	C1.2	Adanya kebijakan <i>lockdown</i>
A1	Revisi desain dari lapangan	C2	Hambatan kedatangan tenaga ahli luar untuk uji fungsi <i>equipment</i>
A2	Koreksi desain oleh <i>owner</i>	C3	Penambahan durasi instalasi senjata
A2.1	Penolakan <i>equipment</i> dari <i>owner</i>	C3.1	Hambatan instalasi oleh <i>supplier</i> luar
A2.2	Revisi jenis material	C3.2	Instalasi dikerjakan selama COVID-19
B1	Efektivitas kerja menurun	D1	Lamanya proses pengajuan dokumen material
B1.1	Terdapat pekerja yang <i>double job</i>	D2	Lamanya proses pengajuan dokumen jasa
B1.2	Produktivitas pekerja rendah	D3	Kesalahan prediksi durasi <i>training</i> untuk sewaco
B1.2.1	Kurangnya disiplin terhadap jam kerja	D1.1	Proses birokrasi internal yang kompleks

Kode Kejadian	Nama Kejadian	Kode Kejadian	Nama Kejadian
B1.2.2	Skill pekerja kurang memadai	E1	Keterbatasan alat untuk proses produksi
B1.3	Koordinasi antar pekerja terbatas	E2	Kerusakan peralatan
B1.3.1	Terbatasnya forum diskusi	E2.1	Kurangnya perawatan secara rutin
B1.3.2	Penerapan WFH saat COVID-19	E2.2	Penggunaan <i>overcapacity</i>
B2	Jumlah SDM Terbatas		

3.1.1.2 Minimal Cut Set

Langkah selanjutnya setelah mendapatkan 35 kejadian yaitu mengidentifikasi minimal *cut set* dengan menggunakan algoritma MOCUS (*Method of Obtaining Cut Sets*) yaitu algoritma yang paling umum untuk menghasilkan *cut set* pada *fault tree*. Algoritma ini mempunyai prinsip bahwa AND-Gate menambah jumlah elemen dalam *cut set* sedangkan OR-Gate menambah jumlah *cut set*.

Tabel 2. Minimal Cut Set FTA

Tahap	1	2	3	4	MinCS	Kode Event
Event	A	A1			A1	1
		A2	A2.1		A2.1	2
			A2.2		A2.2	3
	B	B1	B1.1		B1.1	4
			B1.2	B1.2.1	B1.2.1	5
				B1.2.2	B1.2.2	6
			B1.3	B1.3.1	B1.3.1	7
				B1.3.2	B1.3.2	8
		B2	B2.1		B2.1	9
			B2.2		B2.2	10
	C	C1	C1.1		C1.1	11
			C1.2		C1.2	12
		C2	C1.2		C1.2	
		C3	C3.1	C1.2	C1.2	
			C3.2		C3.2	13
	D	D1	D1.1		D1.1	14
		D2	D1.1		D1.1	
		D3			D3	15
	E	E1			E1	16
		E2	E2.1, E2.2		E2.1, E2.2	17,18

Berdasarkan hasil perhitungan *minimal cut set* pada Tabel 2 terdapat 18 *basic event* yang menyebabkan terjadinya keterlambatan proyek pembangunan kapal perang yang dijabarkan pada Tabel 3 beserta hasil nilai kuesioner dari *expert judgment* dan perhitungan nilai probabilitas dengan persamaan:

$$Q = 1 - R = 1 - e^{-\lambda T}$$

$$\lambda T = \frac{f}{t}$$

Dengan keterangan:

Q = Probabilitas kegagalan suatu komponen

R = Reabilitas atau probabilitas dari suatu komponen

λT = Laju kegagalan

f = Jumlah kegagalan

t = Total pengujian

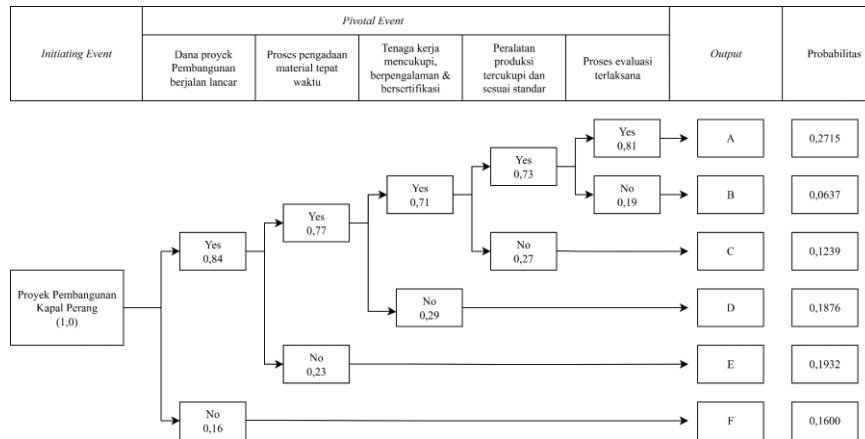
Tabel 3. Nilai Probabilitas

Kode Event	Minimal Cut Set Event	Nilai Kuesioner	Nilai Probabilitas
1	Revisi desain dari lapangan	16	0.0567
2	Penolakan <i>equipment</i> dari <i>owner</i>	14	0.0498
3	Revisi jenis material	14	0.0498
4	Terdapat pekerja yang <i>double job</i>	12	0.0429
5	Kurangnya disiplin terhadap jam kerja	12	0.0429
6	Skill pekerja kurang memadai	14	0.0498
7	Terbatasnya forum diskusi	13	0.0463
8	Penerapan WFH saat COVID-19	21	0.0738
9	Kurangnya regenerasi tenaga kerja	16	0.0567
10	Pengurangan MPP (<i>Manpower Planning</i>)	15	0.0533
11	Durasi pengiriman lama	16	0.0567
12	Adanya kebijakan <i>lockdown</i>	20	0.0704
13	Instalasi dikerjakan selama COVID-19	21	0.0738
14	Proses birokrasi internal yang kompleks	14	0.0498
15	Kesalahan prediksi training untuk sewaco	13	0.0463
16	Keterbatasan alat untuk proses produksi	14	0.0498
17	Kurangnya perawatan peralatan secara rutin	15	0.0533
18	Penggunaan <i>overcapacity</i>	14	0.0498

Dari Tabel 3 tersebut dapat diketahui bahwa *basic event* yang memiliki nilai probabilitas terbesar adalah *basic event* B1.3.2 (Penerapan WFH saat COVID-19) dan C3.2 (Instalasi dikerjakan selama COVID-19) dengan nilai probabilitas 0.0738, *basic event* C1.2 (adanya kebijakan *lockdown*) dengan nilai probabilitas sebesar 0.0704, *basic event* A1 (revisi desain dari lapangan) dengan nilai probabilitas 0.0567, *basic event* B2.1 (kurangnya regenerasi tenaga kerja) dengan nilai probabilitas 0.0567 dan *basic event* C1.1 (durasi pengiriman lama) dengan nilai probabilitas 0.0567. Dapat disimpulkan bahwa *expert judgment* menganggap keenam pernyataan tersebut merupakan penyebab terbesar dari keterlambatan proyek pembangunan kapal perang.

3.1.2 Event Tree Analysis

3.1.2.1 Diagram ETA



Gambar 2. Diagram ETA

Berdasarkan *pivotal event* yang tertera pada diagram *Event Tree Analysis* (ETA), didapatkan 6 (enam) *output* sebagai konsekuensi. Setiap *output* mencerminkan skenario dampak dari keterlambatan proyek pembangunan kapal perang. Nilai probabilitas dari masing-masing *output* dihitung berdasarkan probabilitas kejadian pada tiap *pivotal event* yang terjadi. Keterangan mengenai keenam *output* tersebut diuraikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Output ETA

Output	Durasi Terlambat	Denda		Probabilitas
		Terkecil	Terbesar	
A	1 minggu – 1 bulan	11.637.000.000	49.875.000.000	0,2715
B	1 bulan – 3 bulan	49.875.000.000	149.625.000.000	0,0637
C	3 bulan – 6 bulan	149.625.000.000	299.250.000.000	0,1239
D	6 bulan – 9 bulan	299.250.000.000	448.875.000.000	0,1876
E	9 bulan – 12 bulan	448.875.000.000	598.500.000.000	0,1932
F	Tidak terlaksana			0,1600

Denda keterlambatan dikenakan 1% dari total nilai kontrak yang sebesar Rp1.662.500.000.000,- perharinya. Sedangkan untuk nilai probabilitas didapatkan dari hasil perkalian tiap *pivotal event* seperti:

$$\text{Output A} = 0,84 \times 0,77 \times 0,71 \times 0,73 \times 0,81 = 0,2715$$

$$\text{Output B} = 0,84 \times 0,77 \times 0,71 \times 0,73 \times 0,19 = 0,0637$$

$$\text{Output C} = 0,84 \times 0,77 \times 0,71 \times 0,27 = 0,1239$$

$$\text{Output D} = 0,84 \times 0,77 \times 0,29 = 0,1876$$

$$\text{Output E} = 0,84 \times 0,23 = 0,1932$$

$$\text{Output F} = 0,16$$

3.2 Pembahasan

3.2.1 FTA

Hasil FTA menunjukkan bahwa penyebab keterlambatan proyek pembangunan kapal perang berasal dari kombinasi faktor eksternal dan internal. Faktor eksternal yang paling dominan adalah penerapan *Work from Home* (WFH) serta kebijakan *lockdown* dari negara pemasok material selama pandemi COVID-19, yang menghambat koordinasi kerja dan memperlambat proses instalasi. Sementara itu, faktor internal seperti revisi desain dari lapangan, kurangnya regenerasi tenaga kerja, serta lamanya pengiriman material impor juga berkontribusi signifikan. Hal ini menandakan bahwa manajemen proyek perlu memiliki fleksibilitas dalam menghadapi faktor eksternal, sekaligus meningkatkan pengelolaan sumber daya internal.

3.2.2 ETA

Analisis ETA menggambarkan dampak yang mungkin timbul dari keterlambatan proyek. Skenario dengan probabilitas tertinggi (0,2715) adalah keterlambatan selama 1 minggu – 1 bulan, yang berdampak pada denda kontraktual. Namun, terdapat pula skenario dengan konsekuensi lebih serius, seperti keterlambatan hingga 9–12 bulan dengan probabilitas 0,1932, yang dapat mengganggu reputasi perusahaan serta menimbulkan risiko finansial yang lebih besar. Temuan ini memperlihatkan bahwa meskipun keterlambatan jangka pendek lebih sering terjadi, keterlambatan jangka panjang tetap memiliki risiko strategis yang perlu diantisipasi.

4. Kesimpulan

- 1) Faktor utama penyebab keterlambatan proyek pembangunan kapal berdasarkan FTA adalah penerapan *Work from Home* saat pandemi COVID-19, Instalasi dikerjakan selama COVID-19, Adanya kebijakan *lockdown* (di negara asal pemasok), Revisi desain dari lapangan, Kurangnya regenerasi tenaga kerja, Durasi pengiriman material lama
- 2) Dampak keterlambatan berdasarkan ETA menunjukkan probabilitas tertinggi sebesar 0,2715 yang menandakan adanya risiko sedang hingga tinggi terhadap

kelancaran proyek sehingga perusahaan galangan kapal perlu melakukan evaluasi berkala untuk mencegah keterlambatan proyek di masa mendatang

Referensi

- Clifton., E. A., 2005. *Hazard Analysis Techniques for System Safety*. New Jersey: John, Wiley & Sons, Inc.
- D.N.V, 2002. *Marine Risk Assessment*. London, United Kingdom: Det Norske Veritas.
- Hardjono, S., 2018. *Analisa Ketinggian Gelombang yang Sesuai untuk Kapal Cepat Rudal 60M di Perairan Indonesia*. Serpong, Tangerang Selatan, Pusat Teknologi Rekayasa Industri Maritim, BPPT.
- Isabela, I. dkk., 2023. Analisis Risiko Keterlambatan Proyek Pada Pembangunan Revitalisasi Gedung Pasar Rakyat Leles Garut Tahap III. *Jurnal Kendali Teknik dan Sains*, Volume 1 No.4, pp. 62-74.
- J. I. Sembiring, H. S. & A. B., 2018. Analisis Penyebab Kecacatan dengan Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) di PT. Alam Daya Sakti Semarang. *Industrial Engineering Online Journal*, 7 no.1([Online]).
- Manullang, M., 2004. *Dasar-Dasar Manajemen*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Redana, F., 2016. *Analisa Keterlambatan Pada Proyek Pembangunan Jacket Structure*. Surabaya, ITS.
- Wibisono, K., 2021. Analisis Keterlambatan Proyek Fiscal Metering Dengan Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* Pada PT. XYZ. *Thesis Its*.