

IDENTIFIKASI AKAR PENYEBAB KETERLAMBATAN PROYEK REPARASI KM. TAREX I MENGGUNAKAN *FAULT TREE ANALYSIS* (FTA)

Noorberta Latifana¹⁾, Ristanti Akseptori²⁾, dan Ambikka³⁾

¹⁾Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

²⁾Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

³⁾Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

E-mail: nlatifana@gmail.com

Abstract

Delays in ship repair projects are common issues that can disrupt operational schedules and increase operational costs. This study aims to identify the root causes of the delay in the KM. TAREX I repair project, which experienced a delay of 11 days from the initial schedule. The Fault Tree Analysis (FTA) method was employed to systematically analyze the contributing factors by constructing a fault tree diagram and calculating the Minimal Cut Set. The analysis revealed five main factors contributing to the delay: labor, additional work outside the repair list, material supply, limited supporting production facilities, and natural conditions. From these five factors, a total of 12 basic events were identified as the root causes of the delay in the KM. TAREX I repair project, derived from the fault tree construction and Minimal Cut Set calculation.

Keywords: *Basic Event, Fault Tree Analysis (FTA), Project Delay, Minimal Cut Set, Ship Repair*

Abstrak

Keterlambatan dalam proyek reparasi kapal merupakan permasalahan yang kerap terjadi dan dapat mengganggu jadwal operasional serta meningkatkan biaya operasional. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab keterlambatan proyek reparasi KM. TAREX I, yang mengalami keterlambatan selama 11 hari dari rencana awal. Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) digunakan untuk menganalisis secara sistematis faktor-faktor yang menyebabkan keterlambatan melalui penggambaran pohon kesalahan dan perhitungan *Minimal Cut Set*. Hasil analisis menunjukkan lima faktor utama penyebab keterlambatan yaitu, Tenaga kerja, Pengembangan pekerjaan di luar *repair list*, material *supply*, Fasilitas sarana pendukung produksi terbatas, dan Alam. Dari lima faktor tersebut, diidentifikasi sebanyak 12 *basic event* sebagai akar penyebab keterlambatan proyek reparasi KM. TAREX I, yang diperoleh melalui pengkonstruksian *fault tree* dan perhitungan *Minimal Cut Set*.

Kata kunci: *Basic Event, FTA, Keterlambatan Proyek, Minimal Cut Set, Reparasi Kapal*

1. Pendahuluan

Perencanaan waktu merupakan bagian penting dalam menjamin kelancaran proses operasional, sehingga masalah dapat timbul apabila terjadi ketidaksesuaian antara rencana dengan pelaksanaan di galangan kapal. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, baik teknis maupun non-teknis yang pada akhirnya berdampak pada keterlambatan penyelesaian proyek. Tabel 1 berikut merupakan data realisasi proyek perbaikan kapal tahun 2024, yang seperti yang menunjukkan adanya keterlambatan di beberapa proyek perbaikan dari jadwal yang sudah ditetapkan.

Tabel 1.
Data Proyek Kapal Tahun 2024 yang Mengalami Keterlambatan

No	Nama Kapal	Mulai	Target Selesai	Realisasi	GAP (Hari)
1	KM. ORION STAR	22/02/2024	10/03/2024	13/03/2024	3
2	KM. SABUK NUSANTARA 99	13/06/2024	06/07/2024	08/07/2024	2
3	KM. TAREX I	30/10/2024	20/11/2024	01/12/2024	11

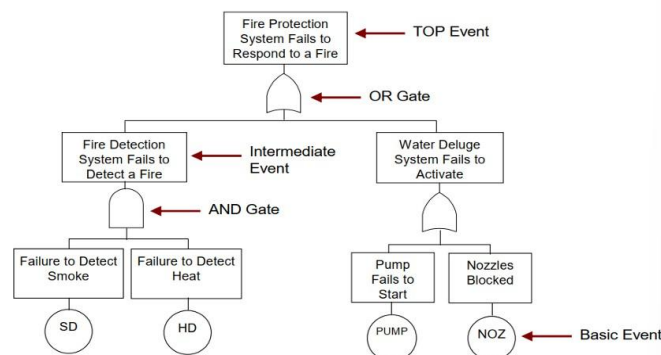
Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, KM. TAREX I adalah proyek yang memiliki waktu keterlambatan paling panjang, dari rencana selesai 21 hari di atas *dock*, tetapi realisasinya membutuhkan 32. Rencana perbaikan kapal dimulai tanggal 30 Oktober 2024 dan selesai 20 November 2024, akan tetapi mengalami keterlambatan sehingga baru terselesaikan pada tanggal 01 Desember 2024. Keterlambatan seperti ini dapat mengganggu jadwal rencana *docking* kapal lainnya, menambah biaya operasional, dan menurunkan kepuasan pelanggan. Oleh karena itu, penting dilakukan identifikasi akar penyebab keterlambatan secara sistematis agar dapat dirumuskan strategi penanganan yang tepat. Dalam penelitian ini akan dibuat analisa mengidentifikasi penyebab utama keterlambatan proyek perbaikan kapal secara sistematis dengan menggunakan pendekatan *Fault Tree Analysis* (FTA). Metode ini merupakan metode yang efektif dalam mengurai akar penyebab (*root cause*) masalah dalam sistem yang kompleks. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Wahyuningsih dkk., (2023) tentang Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Reparasi Dengan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dan Penjadwalan Ulang dengan *Critical Path Method* (CPM) pada Kapal MT. Alice XXV di Galangan Semarang menunjukkan bahwa metode FTA dapat mengidentifikasi akar penyebab keterlambatan dengan mendapatkan *basic event* penyebab utama keterlambatan proyek reparasi yaitu penggunaan peralatan secara berlebihan dengan probabilitas sebesar 0,009321. Sementara metode CPM digunakan untuk menganalisis penjadwalan ulang dan menghasilkan rekomendasi percepatan proyek melalui dua alternatif, yaitu penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja.

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan galangan kapal dapat memperoleh pemahaman mendalam terhadap faktor-faktor penyebab keterlambatan proyek, sehingga dapat membuat strategi pencegahan yang lebih tepat sasaran. Berdasarkan latar belakang tersebut, tujuan dalam penelitian ini adalah untuk menjelaskan penerapan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dalam mengidentifikasi penyebab utama keterlambatan proyek reparasi kapal KM. TAREX I di galangan kapal.

2. Tinjauan Pustaka

Fault Tree Analysis (FTA)

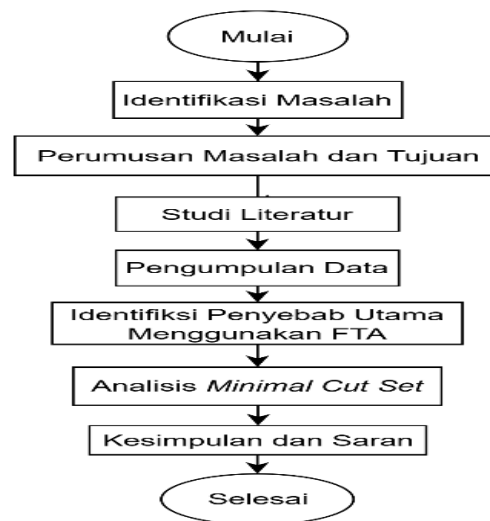
Merupakan metode analisis yang menggunakan pendekatan atas-bawah atau biasa disebut *top-down approach*. Digunakan pendekatan *top-down* dimana peristiwa utama merupakan *Top Event* dan peristiwa dasar dari peristiwa utama adalah *Basic Event*. Metode ini digunakan sebagai alat untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyebab terjadinya kegagalan atau kesalahan yang dapat mempengaruhi suatu sistem atau proses [2]



Gambar 1. Contoh Diagram FTA

Pada Gambar 1 merupakan contoh diagram FTA berupa pengkonstruksian pohon kesalahan atau *Fault Tree* mulai dari *top event*, *Intermediate Event*, sampai *basic event*. *OR Gate* *AND Gate* merupakan simbol penghubung dari *event-event* tersebut.

3. Metode Penelitian

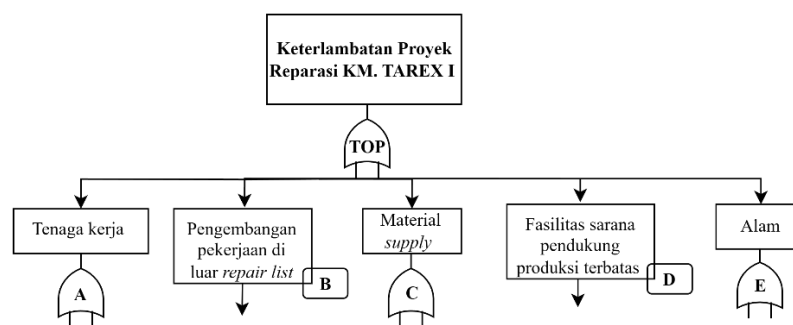


Gambar 2. Diagram Alur Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

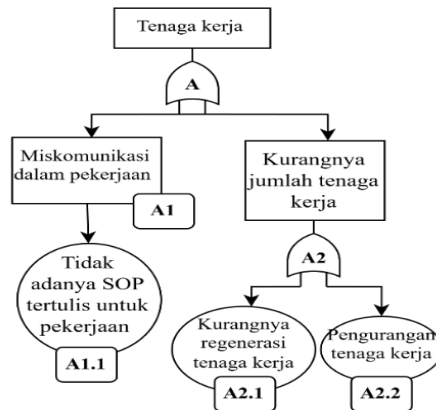
4.1. Penyusunan *Fault Tree*

Pengkonstruksian pohon kesalahan atau *Fault Tree* digunakan untuk mencari akar penyebab keterlambatan proyek reparasi KM. TAREX I yang didapatkan dari hasil wawancara kepada *expert*. Dalam pengkonstruksian pohon kesalahan menggunakan *Logic Gate* sebagai penghubung *Top Event* menuju *Basic Event* yang terdiri dari dua simbol penghubung yaitu *Or-gate* dan *And-gate*.

Gambar 3 *Fault Tree* Keterlambatan Proyek Reparasi KM. TAREX I

Pada Gambar 3 terdapat lima faktor penyebab terjadinya keterlambatan proyek reparasi KM. TAREX I yaitu faktor tenaga kerja, adanya pengembangan pekerjaan di luar *repair list*, material *supply*, fasilitas sarana pendukung produksi terbatas, dan alam

yang dihubungkan oleh *OR-gate*. Dari kelima cabang diatas akan diuraikan lebih lanjut sampai pada akar permasalahan atau *Basic Event*.



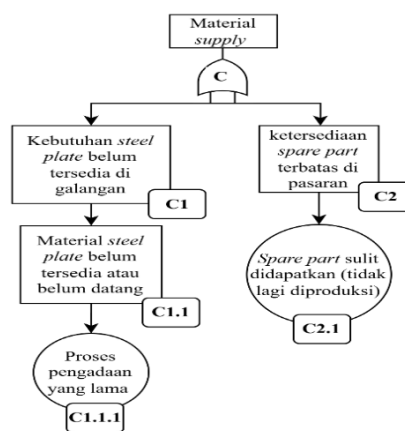
Gambar 4 Penyebab Keterlambatan dari Faktor Tenaga Kerja

Pada Gambar 4 menunjukkan uraian faktor penyebab keterlambatan proyek reparasi KM. TAREX I yang berasal dari faktor Tenaga kerja (A) yang dihubungkan dengan *Or-gate*. Berdasarkan gambar tersebut, terdapat dua penyebab utama, yaitu miskomunikasi dalam pekerjaan (A1) yang disebabkan oleh tidak adanya SOP tertulis untuk pekerjaan (A1.1) dan kurangnya jumlah tenaga kerja (A2) yang disebabkan oleh dua faktor dengan penghubung *OR-gate*, yaitu kurangnya regenerasi tenaga kerja (A2.1) dan pengurangan tenaga kerja oleh perusahaan karena situasi tertentu (A2.2).



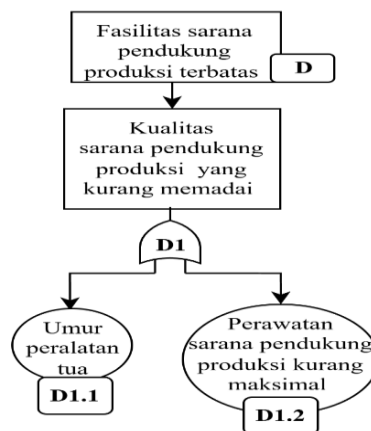
Gambar 5 Penyebab Keterlambatan dari Adanya Pengembangan Pekerjaan di luar *Repair List*

Pada Gambar 5 menunjukkan uraian penyebab keterlambatan proyek reparasi KM. TAREX I yang berasal dari adanya Pengembangan pekerjaan di luar *repair list* (B), diakibatkan oleh situasi di lapangan di luar prediksi yang dihubungkan oleh *OR-gate*. Berdasarkan gambar tersebut terdapat dua penyebab utama yaitu ada temuan bagian dari konstruksi kapal tidak sesuai ketentuan (B1.1) dan kerusakan material tidak terdeteksi saat pengerjaan (B1.2)



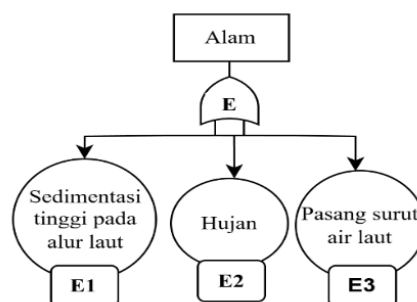
Gambar 6 Penyebab Keterlambatan dari Faktor Material Supply

Pada Gambar 6 menunjukkan uraian faktor penyebab keterlambatan proyek reparasi KM. TAREX I yang berasal dari *Material supply* (C) yang dihubungkan dengan *OR-gate*, artinya salah satu atau lebih dari penyebab di bawahnya dapat memicu terjadinya keterlambatan akibat masalah pasokan material. Terdapat dua cabang penyebab utama, yaitu pertama, kebutuhan *steel plate* belum tersedia di galangan (C1) yang disebabkan oleh material *steel plate* (C1.1) hal ini merupakan akibat dari proses pengadaan yang lama dari *owner* (C1.1.1). Kedua, ketersediaan *spare part* terbatas di pasaran (C2) yang disebabkan oleh *spare part* yang sulit didapatkan karena tidak lagi diproduksi (C2.1).



Gambar 7 Penyebab Keterlambatan dari Faktor Fasilitas Sarana Pendukung Produksi yang Terbatas

Pada Gambar 7 menunjukkan penyebab keterlambatan proyek reparasi KM. TAREX I yang berasal dari Fasilitas sarana pendukung produksi yang terbatas (D) dikarenakan kualitas sarana pendukung produksi yang kurang memadai (D1) yang dihubungkan dengan OR-gate. Hal ini dapat disebabkan oleh dua faktor, yaitu umur peralatan yang sudah tua (D1.1) atau perawatan dari sarana pendukung produksi yang kurang maksimal (D1.2).



Gambar 8 Penyebab Keterlambatan dari Faktor Alam

Pada Gambar 8 menunjukkan penyebab keterlambatan proyek reparasi KM. TAREX I yang berasal dari faktor alam (E). Faktor ini dihubungkan menggunakan OR-gate. Berdasarkan gambar diatas terdapat tiga faktor utama yang menjadi penyebabnya, yaitu sedimentasi tinggi pada alur laut (E1) yang dapat menghambat mulai nya pengerjaan perbaikan kapal, hujan (E2) yang dapat mengganggu aktivitas pekerjaan di luar ruangan atau menyebabkan penundaan operasional seperti tertundanya

aktivitas pengelasan dan pengecatan, dan pasang surut air laut (E3) yang dapat mempengaruhi jadwal *docking* dan *undocking*.

4.3. Minimal Cut Set

Pada tahap ini dilakukan perhitungan *Minimal Cut Set* dengan menggunakan pendekatan *Boolean Algebra* untuk menyederhanakan kombinasi logika dari *event-event* penyebab terjadinya *Top Event*, yaitu keterlambatan proyek reparasi KM. TAREX I. Berikut merupakan perhitungan *Minimal Cut Set* pendekatan yang dapat digunakan untuk menentukan *cut set* adalah MOCUS (*Method for Obtaining Cut Sets*):

Tabel 3
Perhitungan *Minimal Cut Set*

Tahap	1	2	3	4	MCS
Event	A	A1	A1.1		A1.1
		A2	A2.1		A2.1
			A2.2		A2.2
	B	B1	B1.1		B1.1
			B1.2		B1.2
	C	C1	C1.1	C1.1.1	C1.1.1
		C2	C2.1		C2.1
	D1	D1.1			D1.1
		D2.1			D2.1
	E	E1			E1
		E2			E2
		E3			E3

Hasil dari perhitungan pada Tabel 3 tersebut merupakan kejadian yang tidak dapat disederhanakan lagi, yang berarti bahwa *Top event* terjadi jika kejadian hasil perhitungan *Minimal Cut Set* terjadi. Berdasarkan perhitungan *Minimal Cut Set* diatas, maka dapat disimpulkan mengenai hubungan antara *Top Event* dan *Minimal Cut Set* seperti Tabel 4 dibawah ini:

Tabel 4. *Top Event*
Keterlambatan Proyek Reparasi.

Gat e	Event	Keterangan
OR	A1.1 + A2.1 + A2.2 + B1.1 + B2.2 + C1.1.1 + C2.1 + D1.1 + D1.2 + E1 + E2 + E3	Tidak adanya SOP tertulis untuk pekerjaan atau Kurangnya regenerasi tenaga kerja atau Pengurangan tenaga kerja atau Ada temuan bagian dari konstruksi kapal tidak sesuai ketentuan atau Kerusakan material tidak terdeteksi saat pengerjaan atau <i>Spare part</i> sulit didapatkan (tidak lagi diproduksi) atau Proses pengadaan yang lama atau Umur peralatan tua atau Perawatan sarana pendukung produksi kurang maksimal atau Sedimentasi tinggi pada alur laut atau Hujan atau Pasang surut air laut

Sebagaimana diketahui bahwa simbol (.) menyatakan *And-gate* yang artinya disebabkan oleh semua kejadian yang terjadi secara bersamaan. Simbol (+) menyatakan *OR-gate* yang artinya event disebabkan oleh salah satu kejadian. Berdasarkan Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa *Top Event* dapat terjadi karena 12 event terjadi salah satu atau lebih dari penyebab di bawahnya dapat memicu terjadinya keterlambatan. Hasil perhitungan *minimal cut set* ini merupakan akar penyebab dari keterlambatan proyek reparasi KM. TAREX I.

5. Kesimpulan

Hasil analisis Penyebab utama keterlambatan proyek reparasi kapal KM. TAREX I berdasarkan analisa menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) menghasilkan 5 faktor penyebab terjadinya keterlambatan proyek reparasi KM. TAREX I yaitu faktor tenaga kerja, adanya pengembangan pekerjaan di luar *repair list*, material *supply*, fasilitas sarana pendukung produksi terbatas, dan alam. Berdasarkan perhitungan *Minimal Cut Set* menghasilkan 12 *basic event* yaitu Tidak adanya SOP tertulis untuk pekerjaan atau Kurangnya regenerasi tenaga kerja atau Pengurangan

tenaga kerja atau Ada temuan bagian dari konstruksi kapal tidak sesuai ketentuan atau Kerusakan material tidak terdeteksi saat pengerjaan atau *Spare part* sulit didapatkan (tidak lagi diproduksi) atau Proses pengadaan yang lama atau Umur peralatan tua atau Perawatan sarana pendukung produksi kurang maksimal atau Sedimentasi tinggi pada alur laut atau Hujan atau Pasang surut air laut. Berdasarkan hasil identifikasi menggunakan FTA, perusahaan diharapkan dapat melakukan evaluasi secara menyeluruh terhadap proses perencanaan, pelaksanaan, serta pengendalian proyek. Hasil ini dapat menjadi acuan dalam merumuskan strategi mitigasi risiko guna meminimalkan potensi keterlambatan di proyek reparasi selanjutnya.

Referensi

- Ericson, A. C. (2005). *Chapter 11 Fault Tree Analysis*.
- Hariadi, A., & Temarwut, I. (2023). Analisis Resiko Kegagalan Jaringan Distribusi PLN Menggunakan Metode (Fault Tree Analysis). Dalam **Skripsi**. Universitas Muhammadiyah.
- Huda, M. A., & Basuki, M. (2023). Penilaian Risiko Keterlambatan Pekerjaan Reparasi Kapal BG. APC XVIII di PT. Gapura Shipyard. *Jurnal Ilmu Teknik dan Teknologi Maritim*, 2(3), 207–219.
- Putri, Z. D. H., Mulyatno, P. I., & Manik, P. (2023). Studi Manajemen Risiko dengan Metode FTA dan FMEA akibat Keterlambatan Proyek Pembangunan Kapal Perintis KM. Sabuk Nusantara 72. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 11(2), 1–12.
- Simon, A. P. (2024). *Fault Tree Analysis in Engineering: Methodologies, Applications, and Case Studies*.
- Susendi, N., Adrian, & Sopyan, I. (2021). Kajian Metode Root Cause Analysis yang Digunakan dalam Manajemen Risiko di Industri Farmasi. *Majalah Farmasetika*, 6(4), 310.
- Wahyuningsih, S., Mulyatno, P. I. I., & Sisworo, J. S. I. (2023). Analisa Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Reparasi dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Penjadwalan Ulang dengan Critical Path Method (CPM) pada Kapal MT. Alice XXV di Galangan Semarang. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 11(1), 1–13.

Yulasmana, Y. (2019). Perbandingan FTA dan Markov Analysis pada Sistem Hidrolik Pesawat N219 berdasarkan Kegagalan “Total Loss of Braking Function.” *Indepth*, 8(3).