

# Studi Penyebab Keterlambatan Proyek Reparasi AHTS 65,5 M

Lisa Novianty<sup>1)</sup>\*, Naufal Abdurrahman Prasetyo<sup>2)</sup>, Sapto Wiratno Satoto<sup>3)</sup>,

Nurman Pamungkas<sup>4)</sup>, Hendra Saputra<sup>5)</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>*Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan, Politeknik Negeri Batam, Indonesia*

\*E-mail: lisanovianty777@gmail.com

**Abstract:** Ship repair involves repairing ship parts that are damaged and do not comply with class eligibility requirements. The completion of ship repair projects in shipyards often faces obstacles that cause delays in the completion of the project. The purpose of this research is to identify the factors causing delay in the repair of AHTS 65.5 meters ship using the FTA method. It is expected that if the cause of the delay in the ship repair process is known, it will be used as a benchmark for predicting delays in future repairs. This research uses Fault Tree Analysis (FTA) technique, which is an analytical method for identifying failures in a system. There are two top events based on the FTA analysis, namely piping work with 13 basic events and engine room work with 14 basic events. There is one basic event with a high probability value in piping work, namely the purchase of imported materials. While the engine room work produces one basic event with a high probability value, namely the purchase of imported materials. The purchase of imported materials are the predominant causes of delays in ship repair projects, so mitigation measures should be taken to prevent future delays.

**Keywords:** Repair, Fault Tree Analysis, Probability

**Abstrak:** Reparasi kapal merupakan kegiatan perbaikan bagian-bagian kapal yang mengalami kerusakan dan tidak memenuhi standar kelayakan dari *class*. Dalam penyelesaian proyek reparasi kapal pada galangan seringkali menghadapi kendala-kendala yang dapat menyebabkan keterlambatan waktu penyelesaian proyek. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apa saja faktor penyebab terjadinya keterlambatan proyek reparasi AHTS 65,5-meter menggunakan metode FTA. Apabila akar permasalahan yang menjadi penyebab keterlambatan proses reparasi kapal diketahui diharapkan menjadi referensi untuk antisipasi keterlambatan dalam proyek reparasi mendatang. Penelitian menggunakan metode pendekatan *Fault Tree Analysis* (FTA) yang merupakan teknik analisis untuk mengidentifikasi kegagalan suatu sistem. Pada analisis FTA didapatkan hasil bahwa terdapat dua *top event* yaitu keterlambatan pekerjaan perpipaan dengan 13 *basic event* dan keterlambatan pekerjaan *engine room* dengan 14 *basic events*. Pada keterlambatan pekerjaan perpipaan terdapat satu *basic event* dengan nilai probabilitas tinggi, yaitu pembelian material impor. Sedangkan pada keterlambatan pekerjaan *engine room* menghasilkan satu *basic event* dengan nilai probabilitas tinggi, yaitu pembelian material impor. Pembelian material impor menjadi penyebab dominan yang menyebabkan terjadinya keterlambatan proyek reparasi kapal sehingga harus dilakukan mitigasi untuk mencegah terjadinya keterlambatan pada proyek reparasi kapal mendatang.

**Kata kunci:** Reparasi, *Fault Tree Analysis*, Probabilitas

## 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang membutuhkan kapal sebagai transportasi di laut. Kapal sebagai transportasi laut akan mengalami perubahan kualitas struktur baik pada *hull*, konstruksi maupun peralatan mekanis atau elektronik yang disebabkan oleh pola operasi kapal, dampak lingkungan, maupun kecelakaan yang terjadi. Oleh karena itu, untuk menstabilkan kondisi kapal agar dalam operasional kapal tetap optimal serta kondisi konstruksi maupun peralatan yang terdapat di dalam kapal sebagai suatu sistem pendukung maupun inti tetap baik, serta sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan oleh pihak klasifikasi perlu dilakukan perawatan dan perbaikan secara rutin dan berkala. Salah satu jenis kapal yang akan dibahas dalam analisa ini adalah jenis *Anchor Handling Tug Supply* (AHTS). Kapal AHTS adalah jenis kapal penunjang untuk kegiatan lepas pantai yang berfungsi untuk menangani pemasangan jangkar untuk *buoy* ataupun untuk mengangkat jangkar dan juga untuk inspeksi rantai sampai pada jangkar yang di dalam laut, dan menyuplai logistik serta peralatan yang dibutuhkan selama proses eksplorasi [1].

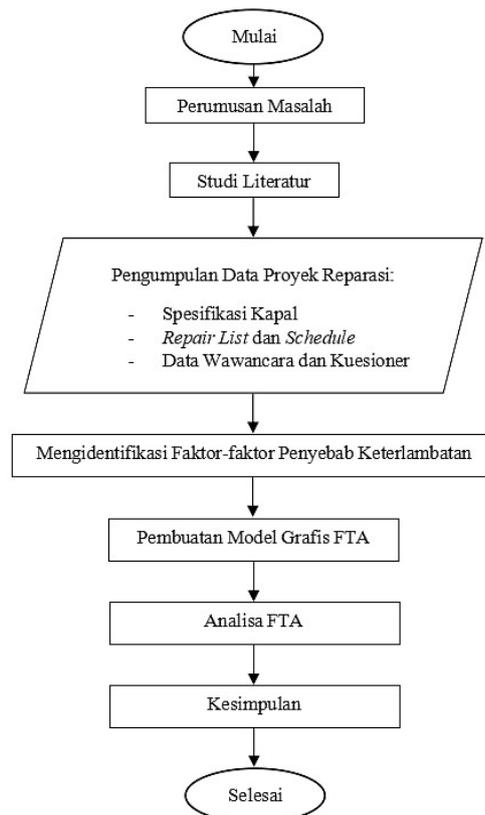
Permasalahan pada suatu proyek terutama dalam reparasi kapal kenyataannya kerap kali terjadi dikarenakan faktor-faktor di luar dugaan pada waktu tahap perencanaan. Hal ini bisa menyebabkan turunnya kinerja proyek dimata konsumen bila tidak ditangani dengan segera. Proses mengkaji berbagai faktor penyebab terjadinya keterlambatan pada proyek perbaikan merupakan hal penting guna memperkirakan pengaruh dan akibat yang ditimbulkan dari terjadinya keterlambatan proyek serta dapat membantu semua pihak yang terlibat dalam proyek agar proses perencanaan dan penjadwalan proyek dapat dilakukan lebih lengkap, sehingga dapat meminimalisir dan menghindari terjadinya keterlambatan proyek.

Peneliti mengambil studi kasus penelitian pada kapal AHTS 65,5-meter yang melakukan proses reparasi pada perusahaan tempat praktik industri. Pada perusahaan tersebut belum ada penelitian yang membahas tentang keterlambatan proyek pada reparasi kapal. Oleh sebab itu, peneliti bermaksud untuk menganalisa faktor penyebab terjadinya terjadinya keterlambatan proyek reparasi kapal menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

Konsep dasar dari metode FTA adalah menerjemahkan dan menganalisis suatu kegagalan ke dalam bentuk diagram visual dan model logika. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat *top down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*top event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *top event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*basic event*) [2].

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui apa saja faktor penyebab terjadinya keterlambatan proyek reparasi AHTS 65,5-meter menggunakan metode FTA. Apabila akar permasalahan yang menjadi penyebab keterlambatan proses reparasi kapal diketahui diharapkan menjadi referensi untukantisipasi keterlambatan dalam proyek reparasi yang akan datang. Batasan masalah pada penelitian adalah hanya mencari faktor-faktor penyebab keterlambatan proyek reparasi AHTS 65,5 M dengan menggunakan metode FTA. Selain itu, pengambilan kuesioner hanya dilakukan berdasarkan persepsi dari responden yang terlibat dengan proyek reparasi kapal yang diteliti.

## 2. Metode



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 memberikan visualisasi langkah-langkah yang dilalui untuk merumuskan permasalahan dan pembahasan. Langkah pertama dalam penelitian yang dilakukan ialah perumusan masalah untuk mengetahui masalah-masalah apa yang mendasari penelitian ini. Kemudian ditetapkan tujuan dari masalah yang telah diketahui supaya penulisan penelitian dapat dilakukan dengan terarah. Dalam penelitian ini yang dijadikan objek penelitian adalah proyek reparasi kapal AHTS 65,5 M. Sedangkan ruang lingkup penelitian adalah menganalisa keterlambatan proyek reparasi dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* untuk menentukan akar penyebab masalahnya [5]. Sebagai sarana pengembangan wawasan dan melengkapi teori, penulis melakukan studi literatur yang mendukung seperti penelitian sejenis yang pernah dilakukan [5], maupun studi metode yang digunakan dalam penelitian [7].

### 2.1. Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan sebagai bahan untuk mendukung hipotesis penelitian terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari wawancara dan kuesioner dengan pekerja serta pihak-pihak lain yang terkait seperti *project manager*, *supervisor*, dan *foreman*. Sedangkan data sekunder diperoleh dari hasil pengumpulan data terkait yang berbentuk dokumen *softcopy*, yaitu data ukuran kapal, *repair list*, dan *schedule* dari kapal AHTS 65,5 M.

### 2.2. Mengidentifikasi Faktor-faktor Penyebab Keterlambatan

Pada tahap ini dilakukan identifikasi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*top event*), kejadian perantara (*intermediate event*), dan akar permasalahan kejadian yang paling mendasar (*basic event*) [5]. Faktor-

faktor penyebab keterlambatan didapatkan dari wawancara ke para pekerja serta pihak-pihak yang terkait dengan proyek tersebut. Adapun pertanyaan yang diajukan dalam melakukan wawancara adalah sebagai berikut:

1. Kendala apa yang dihadapi dalam hal penggunaan peralatan saat melakukan proses reparasi?
2. Pada saat pelaksanaan reparasi kendala apa yang dihadapi sehingga dapat menyebabkan keterlambatan pelaksanaan proses reparasi?
3. Faktor apa yang mempengaruhi pekerja sehingga menghambat proses reparasi?
4. Apa saja yang menjadi penyebab ketersediaan material kurang?

### 2.3. Pembuatan Model Grafis FTA

Tahapan ini dimulai dengan membuat pohon kesalahan, mulai dari *top event* dan *basic event*. Adapun langkah-langkah pembuatan model grafis FTA adalah sebagai berikut [3]:

- a. Menetapkan *top event* yang telah ditentukan sebelumnya.
- b. Menentukan *intermediate event* tingkat pertama terhadap kejadian puncak.
- c. Menentukan hubungan *intermediate event* tingkat pertama ke *top event* dengan menggunakan gerbang logika (*logic gates*).
- d. Menentukan *intermediate* tingkat / level kedua.
- e. Menentukan hubungan *intermediate event* tingkat kedua ke *intermediate event* tingkat pertama dengan menggunakan gerbang logika.
- f. Melanjutkannya sampai ke *basic event*.

Pada tahap ini model grafis dari FTA dibuat dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Fault Tree Analysis Pro Demo*.

Dalam pembuatan model grafis *Fault Tree* terdapat berbagai symbol untuk merangkai akar permasalahan. Pada Tabel 1 menjelaskan mengenai simbol-simbol yang biasa digunakan dalam pembuatan model grafis FTA.

Gambar 2. Simbol-simbol FTA

EVENT SYMBOLS	KETERANGAN
 Basic Event	Menggambarkan suatu " <i>basic initiating fault</i> " yang tidak memerlukan pengembangan atau uraian lebih lanjut.
EVENT SYMBOLS	KETERANGAN
 Conditioning Event	Kondisi spesifik yang atau batasan, yang biasanya dipakai disebelah " <i>PRIORITY AND</i> " dan " <i>INHIBIT GATES</i> "
 Intermediate Event	Suatu fault event yang dihasilkan dari interaksi kejadian kegagalan lainnya yang disusun menggunakan " <i>logic gate</i> "
 And Gate	Menunjukkan bahwa output event akan terjadi jika seluruh input events ada / terjadi (exist)
GATE SYMBOLS	KETERANGAN
 Or Gate	Menunjukkan bahwa output event akan terjadi jika salah satu input events ada / terjadi (exists)
TRANSFER SYMBOLS	KETERANGAN
 Transfer Symbols	Menunjukkan bahwa fault tree berhubungan lebih lanjut dengan fault tree di lembaran / halaman lain.

### 2.4. Analisa FTA

Analisa FTA dilakukan dengan menggunakan metode kuantitatif yang dilakukan dengan menggunakan pendekatan perhitungan langsung berawal dari level yang paling rendah dan mengombinasikan *event* yang ada dengan menggunakan *logic gate* sesuai dengan *event-event* yang dikaitkan. Data yang dibutuhkan adalah data probabilitas dari setiap *basic event*. Disinilah pengambilan *sample* dari probabilitas dilakukan dengan teknik wawancara dan pengisian kuesioner. Kuesioner dibagikan kepada 12 responden yang terlibat dalam proyek reparasi kapal dimana terbagi menjadi 6 orang pada pekerjaan perpipaan dan 6 orang pada pekerjaan *engine room*. Adapun ketentuan penilaian indeks frekuensi *basic event* FTA berdasarkan dari kriteria rating probabilitas pada Tabel 1 [4].

**Tabel 1.** Kriteria Rating Probabilitas

Skor	Deskripsi	Definisi
0,8	Very Critical	Selalu Terjadi
0,6	Critical	Sering Terjadi
0,4	Significant	Kadang-kadang Terjadi
0,2	Negligible	Kemungkinan Kecil Dapat Terjadi
0,05	Very Negligible	Tidak Pernah Terjadi

Setelah itu akan dilakukan perhitungan analisis modus. Untuk menemukan modus dengan cara menentukan data yang memiliki frekuensi terbanyak atau nilai yang paling sering muncul dalam sebuah kelompok data. Sebagaimana contoh yang tertera Tabel 2.

**Tabel 2.** Contoh Perhitungan Modus

Kode Event	Hasil Kuesioner						Nilai Probabilitas
	1	2	3	4	5	6	
A1.1	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4	0,2	0,4
A1.2	0,05	0,2	0,4	0,05	0,2	0,2	0,2
A2.1	0,2	0,05	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
A2.2	0,2	0,05	0,05	0,05	0,05	0,8	0,05
B1	0,4	0,2	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2
B2	0,6	0,8	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6
C1	0,2	0,2	0,2	0,05	0,2	0,4	0,2
C2.1	0,2	0,4	0,2	0,2	0,4	0,05	0,2
C2.2	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,2	0,2
C2.3	0,6	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4
D1	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,6
D2	0,4	0,2	0,6	0,05	0,2	0,2	0,2
D3	0,4	0,2	0,4	0,6	0,4	0,4	0,4

### 3. Hasil Dan Pembahasan

#### 3.1. Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, studi kasus yang diambil adalah proyek reparasi kapal AHTS 65,5 M yang dikerjakan oleh perusahaan tempat praktik industri. Ilustrasi kapal dapat dilihat pada Gambar 3. Studi ini dilakukan untuk mencari faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya keterlambatan pada proyek reparasi kapal dengan menggunakan metode FTA. Proyek ini memiliki rincian spesifikasi sebagai berikut:

- *Length Overall* (LOA) = 65,5 meter

- *Length Between Perpendicular (LBP)* = 58,7 meter
- *Breadth (B)* = 16 meter
- *Depth (H)* = 6,5 meter
- *Draft (T)* = 5,8 meter



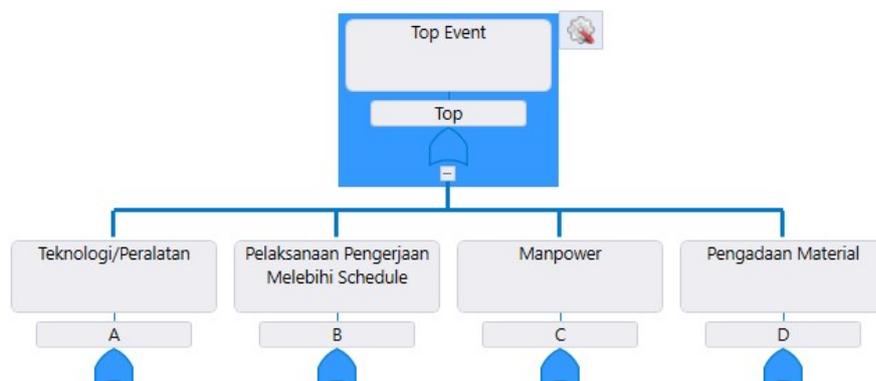
**Gambar 3.** AHTS 65,5 M

Dalam pelaksanaan reparasi kapal ini terdapat daftar pekerjaan yang menunjukkan berapa banyak item pekerjaan yang harus dikerjakan. Item-item pekerjaan ini merupakan daftar pekerjaan yang dibuat oleh pihak *owner surveyor* untuk dikerjakan pihak galangan. Jadi, daftar pekerjaan ini sudah disetujui oleh kedua belah pihak sebelum kapal masuk ke galangan untuk dilakukan reparasi.

Proyek ini direncanakan selesai dalam 62 hari, namun pada realisasinya terdapat keterlambatan sehingga membutuhkan waktu selama 130 hari untuk penyelesaiannya. Dari *schedule* dan daftar reparasi (*repair list*) kapal AHTS 65,5 M, terdapat beberapa item pekerjaan yang mengalami keterlambatan dalam pelaksanaannya yaitu pekerjaan perpipaan dan pekerjaan *engine room*.

### 3.2. Identifikasi Faktor-faktor Penyebab Keterlambatan

Tahap awal dari penggunaan metode ini adalah mengidentifikasi faktor-faktor penyebab keterlambatan suatu pekerjaan yang dimulai dari identifikasi *top event*, *intermediate event*, dan *basic event* [5]. *Top Event* merupakan definisi masalah dan kondisi batas dari suatu sistem pelaksanaan proyek reparasi kapal [6]. Dari identifikasi mengenai keterlambatan pekerjaan reparasi kapal, didapatkan dua cabang utama yang akan dijadikan sebagai *top event*, yaitu keterlambatan pekerjaan perpipaan, dan keterlambatan pekerjaan *engine room*. Dari kedua *top event* ini kemudian dilakukan identifikasi *intermediate event* sampai ke *basic event* yang didapatkan dari hasil wawancara yang telah dilakukan sebelumnya.



**Gambar 4.** Diagram Keterlambatan Pekerjaan

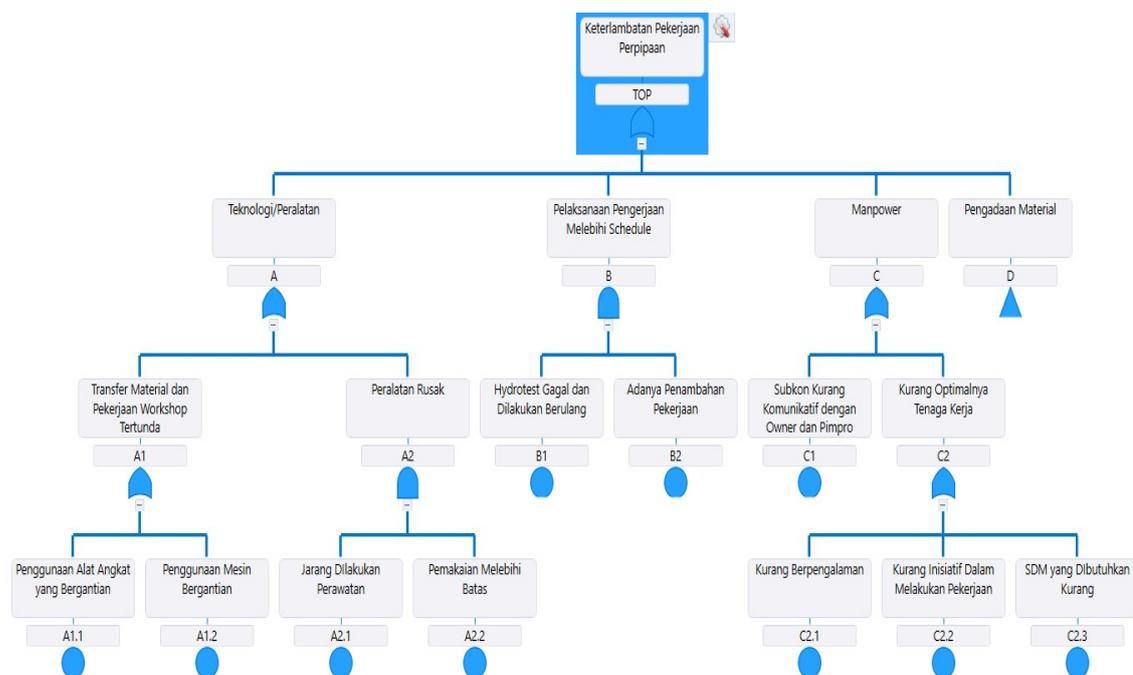
Gambar 4 menjabarkan mengenai identifikasi penyebab keterlambatan yang dikelompokkan menjadi empat kategori yang mempengaruhi, yaitu faktor teknologi, faktor metode, faktor material, dan faktor *manpower*. Dari setiap cabang ini nantinya akan dibuat model grafis FTA yang berisi simbol-simbol yang menjabarkan akar permasalahan penyebab terjadinya *top event*/keterlambatan pekerjaan yang dianalisa.

### 3.3. Pembuatan Model Grafis FTA

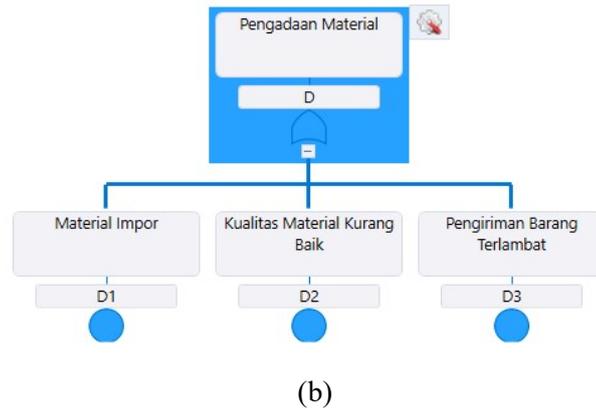
Setelah mendapatkan data berupa kejadian-kejadian yang menyebabkan keterlambatan dari para responden melalui hasil wawancara, maka langkah selanjutnya adalah membuat analisa yang diikuti dengan penggambaran model grafis FTA. Diagram FTA atau diagram pohon kesalahan adalah suatu metode analisa untuk mencari penyebab dari gagalnya suatu sistem dalam hal ini adalah keterlambatan proyek reparasi kapal AHTS 65,5 M. Disini akan dijabarkan secara menyeluruh mengenai penyebab gagalnya suatu proses reparasi kapal dalam bentuk akar diagram pohon kesalahan FTA sehingga nantinya dapat diketahui penyebab dasar permasalahannya. Model grafis FTA pekerjaan perpipaan dapat dilihat pada Gambar 5 dan pekerjaan *engine room* dapat dilihat pada Gambar 6.

#### 3.3.1. Keterlambatan Pekerjaan Perpipaan

Gambar 5 memberikan informasi bahwa keterlambatan pekerjaan perpipaan disebabkan oleh beberapa hal yang saling berkaitan antara satu hal dengan hal lainnya. Pada cabang teknologi/peralatan dibagi menjadi 2 bagian faktor penyebab keterlambatan yaitu transfer material ke *workshop* dan pekerjaan *workshop* tertunda, dan peralatan rusak. Penggunaan alat angkat yang bergantian dan penggunaan mesin di *workshop* yang bergantian menjadi penyebab dasar dari tertundanya transfer material dan pekerjaan di *workshop*. Sedangkan peralatan rusak disebabkan oleh kurangnya perawatan peralatan dan pemakaian peralatan melebihi batas. Pada cabang metode pelaksanaan dan pengerjaan terdapat cabang penyelesaian proyek yang melebihi schedule yang disebabkan oleh hydrotest gagal karena terjadinya kebocoran. Selain itu, adanya penambahan pekerjaan juga dapat menyebabkan perubahan jadwal sehingga penyelesaian proyek melebihi schedule yang telah ditetapkan. Pada cabang *manpower* terdapat sub-kontraktor kurang komunikatif dengan owner dan pimpinan proyek yang menjadi penyebab dasar keterlambatan. Selain itu, pekerja kurang kompeten dengan penyebab dasar sub-kontraktor kurang berpengalaman, kurang inisiatif dalam melakukan pekerjaan, serta SDM yang kurang juga menjadi faktor penyebab keterlambatan. Pada cabang ketersediaan material terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi, diantaranya faktor pemesanan barang ke luar negeri dikarenakan tidak tersedianya material di tempat penyedia material lokal, kualitas material kurang baik sehingga memerlukan pemesanan ulang, serta pengiriman barang terlambat karena durasi pengiriman material lama. Faktor-faktor ini didapat dari hasil wawancara kepada para pekerja yang bersangkutan dengan proyek reparasi kapal yang diteliti.



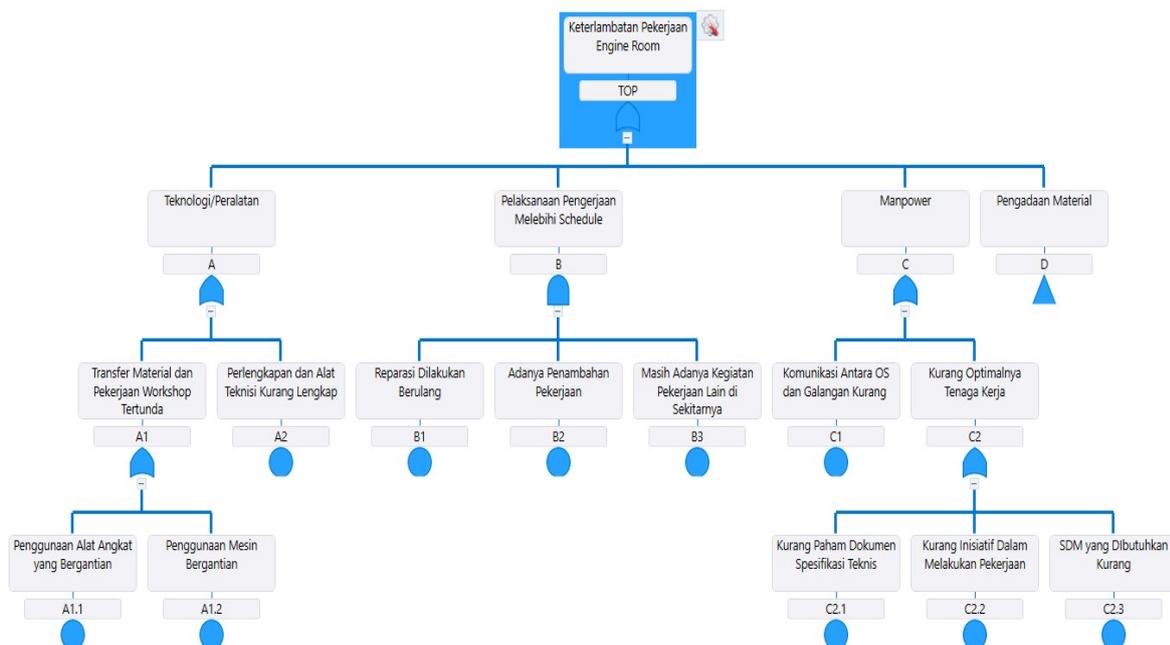
(a)

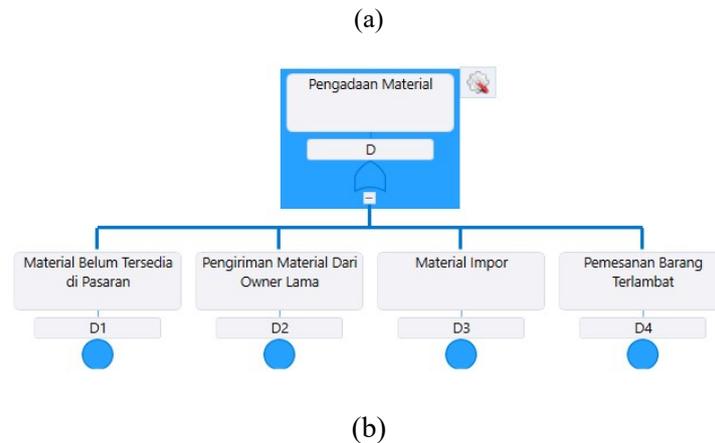


Gambar 5. Diagram FTA Faktor-faktor Keterlambatan (a) Pekerjaan Perpipaan (b) Lanjutan

### 3.3.2. Keterlambatan Pekerjaan *Engine Room*

Gambar 6 memberikan informasi tentang faktor-faktor penyebab keterlambatan pada pekerjaan di *Engine Room*. Pada pekerjaan *Engine Room* terbagi menjadi empat cabang utama, yaitu faktor teknologi/peralatan, faktor metode pelaksanaan pengerjaan, faktor *manpower*, dan faktor ketersediaan material. Dari keempat faktor ini dijabarkan lebih lanjut lagi hingga ke penyebab dasarnya. Seperti yang tertera pada Gambar 6, faktor teknologi/peralatan terdapat masalah pada transfer material dan perbaikan tertunda yang disebabkan oleh penggunaan alat angkat yang bergantian, penggunaan mesin di *workshop* bergantian, dan kurangnya perlengkapan dan alat teknisi ini otomatis menyebabkan proses reparasi terganggu. Pada faktor metode pelaksanaan pengerjaan terdapat penyelesaian proyek melebihi *schedule* dimana ditemukan tiga penyebab dasar yang mempengaruhinya, antara lain reparasi yang dilakukan berulang, adanya penambahan pekerjaan sehingga terjadinya perubahan jadwal, serta masih adanya kegiatan pekerjaan lain di sekitarnya. Untuk faktor *manpower* terdapat masalah pada subkon kurang komunikatif dengan owner dan pimpro yang menjadi penyebab dasar keterlambatan. Selain itu, pekerja yang kurang paham dokumen spesifikasi teknis, kurang inisiatif dalam melakukan pekerjaan, dan SDM yang dibutuhkan kurang juga menjadi penyebab dasar terjadinya keterlambatan. Beberapa penyebab dasar pada faktor ketersediaan material terbagi menjadi empat, antara lain material/*spare part engine* belum tersedia di pasaran, pengiriman material dari owner lama, pemesanan material ke luar (impor), dan pemesanan barang terlambat.





**Gambar 6.** Diagram FTA Faktor-faktor Keterlambatan (a) Pekerjaan Engine Room (b) Lanjutan

### 3.4. Analisis FTA

Setelah selesai penggambaran model grafis FTA langkah selanjutnya adalah melakukan analisis FTA secara kuantitatif. Analisis ini bertujuan untuk mencari minimal *cut set* dan probabilitas kejadian *top event*. *Cut Set* adalah kombinasi pembentuk pohon kesalahan yang mana bila semua terjadi akan menyebabkan peristiwa puncak terjadi. Sedangkan, minimal *cut set* adalah kombinasi peristiwa yang paling kecil yang membawa peristiwa yang tidak diinginkan. Tabel 3 dibawah ini merupakan hasil nilai probabilitas dari masing-masing *basic event* yang didapat dari hasil kuesioner.

**Tabel 3.** Probabilitas Basic Event

No.	Kode Kejadian	Nama Kejadian	Nilai Probabilitas
<b>A Pekerjaan Perpipaan</b>			
1.	A1.1	Penggunaan Alat Angkat yang Bergantian	0,4
2.	A1.2	Penggunaan Mesin Bergantian	0,2
3.	A2.1	Jarang Dilakukan Perawatan Peralatan	0,2
4.	A2.2	Pemakaian Melebihi Batas	0,05
5.	B1	<i>Hydrotest</i> Gagal dan Dilakukan Berulang	0,2
6.	B2	Adanya Penambahan Pekerjaan	0,6
7.	C1	Subkon Kurang Komunikatif Dengan Owner dan Pimpro	0,2
8.	C2.1	Pekerja Kurang Berpengalaman	0,2
9.	C2.2	Kurang Inisiatif Dalam Melakukan Pekerjaan	0,2
10.	C2.3	SDM yang Dibutuhkan Kurang	0,4
11.	D1	Material Impor	0,6
12.	D2	Kualitas Material Kurang Baik	0,2
13.	D3	Pengiriman Barang Terlambat	0,4
<b>Pekerjaan Engine Room</b>			
1.	A1.1	Penggunaan Alat Angkat yang Bergantian	0,4
2.	A1.2	Penggunaan Mesin Bergantian	0,2
3.	A2	Perlengkapan dan Alat Teknisi Kurang Lengkap	0,2
4.	B1	Reparasi Dilakukan Berulang	0,2
5.	B2	Adanya Penambahan Pekerjaan	0,8

6.	B3	Masih Adanya Kegiatan Pekerjaan Lain di Sekitarnya	0,2
7.	C1	Komunikasi Antara <i>OS</i> dan Galangan Kurang	0,4
8.	C2.1	Kurang Paham Dokumen Spesifikasi Teknis	0,2
9.	C2.2	Pekerja Kurang Inisiatif Dalam Melakukan Pekerjaan	0,2
10.	C2.3	SDM yang Dibutuhkan Kurang	0,6
11.	D1	Material Belum Tersedia di Pasaran	0,2
12.	D2	Pengiriman Material dari <i>Owner</i> lama	0,4
13.	D3	Material Impor	0,8
14.	D4	Pemesanan Barang Terlambat	0,4

Kombinasi *basic event* didapat dari model grafis FTA yang dianalisis dengan menggunakan hubungan *and gate* atau *or gate*. *Or gate* adalah gerbang yang menggambarkan gabungan dari kejadian-kejadian yang dan merupakan penjumlahan probabilitas, sedangkan *and gate* adalah gerbang yang menggambarkan irisan dari kejadian-kejadian dan merupakan perkalian probabilitas. Adapun analisa kuantitatif dilakukan dengan cara menghitung langsung didasarkan pada kalkulasi probabilitas seperti yang tercantum dalam [tabel 4](#).

**Tabel 4.** Analisa kuantitatif FTA Keterlambatan Pekerjaan Perpipaan

<i>Cut Sets</i>	<i>Probability</i>	<i>Contribution (prob/sum prob)</i>	Kode Event	Persamaan Minimal <i>Cut sets</i>	
D1	0.6	0.1558	D	D1+D2+D3	0.3116
A1.1	0.4	0.1039	C	C1+C2	0.2597
C2.3	0.4	0.1039	C2	C2.1+C2.2+C2.3	0.2077
D3	0.4	0.1039	B	B1*B2	0.0081
A1.2	0.2	0.0519	A	A1+A2	0.1565
C1	0.2	0.0519	A2	A2.1*A2.2	0.0006
C2.1	0.2	0.0519	A1	A1.1+A1.2	0.1558
C2.2	0.2	0.0519			
D2	0.2	0.0519			
B1	0.2	0.0519			
B2	0.6	0.1558			
A2.1	0.2	0.0519			
A2.2	0.05	0.0130	TOP	A+B+C+D	0.7360
	3.85				73.6%

[Tabel 4](#) memaparkan persamaan minimal *cut set* pada FTA keterlambatan pekerjaan perpipaan yang diikuti dengan probabilitas dan kontribusi dari masing-masing *cut set*. Kontribusi dimaksudkan dengan besar pengaruh dari *cut set* terhadap *top event* keterlambatan pekerjaan perpipaan. Dari tabel tersebut didapatkan hasil bahwa resiko terjadinya kegagalan yang diakibatkan dari seluruh minimal *cut set* ini adalah sebesar 73,6% dengan probabilitas *basic event* tertinggi adalah material impor sebesar 15,58%.

**Tabel 5.** Analisa kuantitatif FTA Keterlambatan Pekerjaan Engine Room

<i>Cut Set</i>	<i>Probability</i>	<i>Contribution (prob/sum prob)</i>	Kode Event	Persamaan Minimal <i>Cut sets</i>	
D3	0.8	0.1538	D	D1+D2+D3+D4	0.3461

C2.3	0.6	0.1154	C	C1+C2	0.2692
A1.1	0.4	0.0769	C2	C2.1+C2.2+C2.3	0.1923
C1	0.4	0.0769	B	B1*B2*B3	2.28E-04
D2	0.4	0.0769	A	A1+A2	0.1538
D4	0.4	0.0769	A2	A2	0.0384
A1.2	0.2	0.0385	A1	A1.1+A1.2	0.1153
A2	0.2	0.0385			
C2.1	0.2	0.0385			
C2.2	0.2	0.0385			
D1	0.2	0.0385			
B1	0.2	0.0385			
B2	0.8	0.1538			
B3	0.2	0.0385	TOP	A+B+C+D	0.7694
	5.2				76.9%

SPada tabel 5 memberikan informasi persamaan minimal *cut set* pada FTA keterlambatan pekerjaan *engine room* yang diikuti dengan probabilitas dan kontribusi dari masing-masing *cut set*. Dari tabel tersebut didapatkan hasil bahwa resiko terjadinya kegagalan yang diakibatkan dari seluruh minimal *cut set* ini adalah sebesar 76,9% dengan probabilitas *basic event* tertinggi adalah material impor sebesar 15,38%.

#### 4. Kesimpulan

Berdasar pada hasil analisa dan pembahasan yang dilakukan pada penelitian, dapat diambil kesimpulan bahwa faktor penyebab terjadinya keterlambatan proyek reparasi AHTS 65,5-meter meliputi dua pekerjaan. Pertama, pekerjaan perpipaan dengan nilai probabilitas kejadian sebesar 73,6% yang disebabkan oleh penyebab utama atau akar penyebab adalah pembelian material impor dengan nilai probabilitas 15,58%. Kedua, pekerjaan *engine room* dengan nilai probabilitas kejadian sebesar 76.9% yang disebabkan oleh penyebab utama atau akar penyebab adalah pembelian material impor. Akar penyebab keterlambatan yang paling sering muncul adalah pembelian material impor dimana hal ini harus dilakukan mitigasi agar menghindari terjadinya keterlambatan pekerjaan reparasi kapal di masa mendatang.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan apresiasi bagi para pihak yang turut membantu dalam proses penelitian maupun publikasi.

## Rujukan

- [1] Fadhilah, A., Zakki, A. F., Hadi, E. S. (2019). Desain Passive U-Tube Tank Pada Anchor Handling Tug/Supply Vessel Guna Menurunkan Rolling Kapal Menggunakan Variasi Lebar Saluran. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 7(2), 1.
- [2] Hanif, R. Y., Rukmi, H. S., Susanty, S. (2015). Perbaikan Kualitas Produk Keraton Luxury Di PT. X Dengan Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) Dan *Fault Tree Analysis* (FTA). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 3(3), 3.
- [3] Rosdianto, M. A., Suef, M., Angreni, E. (2018). Analisis Peristiwa Penyebab Pada Keterlambatan Proyek Apartemen. *Accounting and Management Journal*, 2(1), 32.
- [4] Heldman, K. (2005). *Project Manager's Spotlight on Risk Management*. Alameda: Harbor Light Press.
- [5] Alrizal, F. F., Choiriyah I S., & Saputro, L. E. A. (2020). Identifikasi Faktor Penyebab Keterlambatan Waktu dan Mutu Pekerjaan pada Proyek Ruko (Rumah Toko) Green Junction Citraland. *Jurnal Iptek*, 24(1), 53-58.
- [6] Padaga, L. K., Rochani, I., & Mulyadi, Y. (2018). Penjadwalan Berdasarkan Analisis FaktorFaktor Penyebab Keterlambatan Proyek Reparasi Kapal: Studi Kasus MV. Blossom. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1), 1-6.
- [7] Amalia, R., Rohman, M. A., & Nurcahyo, C. B. (2012). Analisa Penyebab Keterlambatan Proyek Pembangunan Sidoarjo Town Square Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) . *Jurnal Teknik ITS*, 1(1).