

4.1 Tinjauan Umum

NO	MO	LEK	NAMA KAPAL	LAYAR
27.	24/7/2024	KM MANPATAKA	WSD	
28	28/7/24	KM CATTLEYA EXPRESS	SFO	
29	29/7/24	KM TANTO SELALU	WSD	
30	30/7/24	KM PAN MUSTAFA	WSD	
31	4/8/24	MT SIDA ALKA	BAT	
32	12/8/24	MV MELACCA SPART	SFO	
33	13/8/24	KM DHARMA RUCIHA IX	WSD	
34	34/8/24	KM TANTO SEMANGIT	BAT	
35	35/9/24	KMP NALA SENA	BAT	
36	36/9/24	KM WABAU PAMPANAHAN	SFO	
37	37/9/24	KM JATI - DA	WSD	
38	38/9/24	KM. DIRMADA PARTA II	WSD	
39	39/9/24	KB. BKM. OZ	SFO	

Berdasarkan dokumen dock news, proyek reparasi kapal KM. Dharma Ferry 2 semestinya dapat diselesaikan dalam waktu 15 hari sesuai kontrak. Namun, dalam pelaksanaannya, penyelesaian proyek memerlukan total waktu 22 hari, sehingga terjadi keterlambatan selama 7 hari. Kondisi ini menunjukkan adanya keterkaitan antar item pekerjaan, di mana keterlambatan pada satu aktivitas berdampak langsung terhadap aktivitas lainnya, yang pada akhirnya mempengaruhi durasi total proyek.

Adapun ukuran utama dari kapal KM. Dharma Ferry 2, yang dioperasikan oleh PT. Dharma Lautan Utama, dapat dijabarkan sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Data Ukuran Utama Kapal

<i>Name of ship</i>	TB. DHARMA FERRY 2
<i>Ship Owner</i>	PT. Dharma Lautan Utama
<i>Length of All</i>	67,20 meter
<i>Length between Perpendicular</i>	65,00 meter
<i>Breadth</i>	16,00 meter
<i>Depth</i>	06,04 meter
<i>Draft</i>	03,40 meter
<i>Gross Tonnage</i>	2.341 T

4.2 Objek Pengolahan dan Analisis Data

Pada penelitian ini, metode FTA diimplementasikan dengan dukungan perangkat lunak DPL 9 Fault Tree. Analisis dilakukan berdasarkan data probabilitas dari masing-masing *basic event*, yang diperoleh melalui penyebaran kuesioner kepada responden berpengalaman di bidang pelaksanaan proyek langsung di PT. Janata Marina Indah. Data probabilitas tersebut kemudian diolah dalam software untuk menghasilkan diagram Fault Tree lengkap dengan *identifikasi minimal cut set*, serta *probability value* dari Top Event(TE).

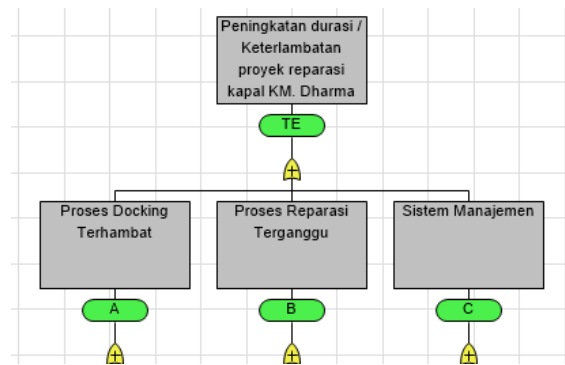
Analisis dilakukan dengan pendekatan kombinasi kualitatif dan kuantitatif, di mana hasil *minimal cut set* dijadikan dasar untuk mengevaluasi akar penyebab dominan dari peningkatan durasi proyek reparasi.

4.3 Analisa Kualitatif *Fault Tree Analysis* (FTA)

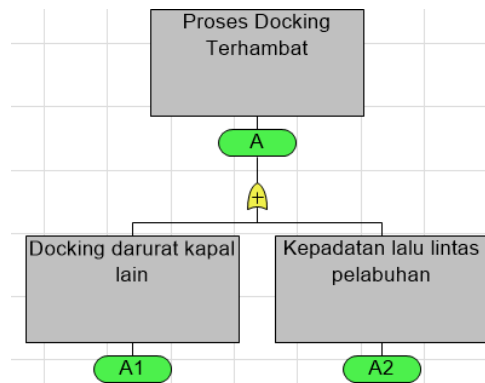
Fault Tree Analysis (FTA) merupakan suatu pendekatan terstruktur yang digunakan untuk menelusuri dan mengidentifikasi akar penyebab dari suatu kejadian utama (*top event*), khususnya dalam konteks kegagalan sistem. Didalam studi ini, pendekatan FTA dimanfaatkan untuk mengkaji faktor apa saja yang menyebabkan peningkatan durasi atau keterlambatan dalam proyek reparasi kapal KM. Dharma Ferry 2. Faktor-faktor penyebab keterlambatan diklasifikasikan sebagai *basic event* dan masing-masing diberikan nilai probabilitas. Seluruh struktur kejadian kemudian divisualisasikan dalam bentuk diagram fault tree yang menggambarkan hubungan logis antar penyebab.

Perangkat lunak yang digunakan dalam pemodelan adalah DPL 9 Fault Tree, yang berfungsi untuk menyusun struktur *fault tree* sekaligus menghitung nilai minimal cut set berdasarkan input probabilitas dari masing-masing *basic event*.

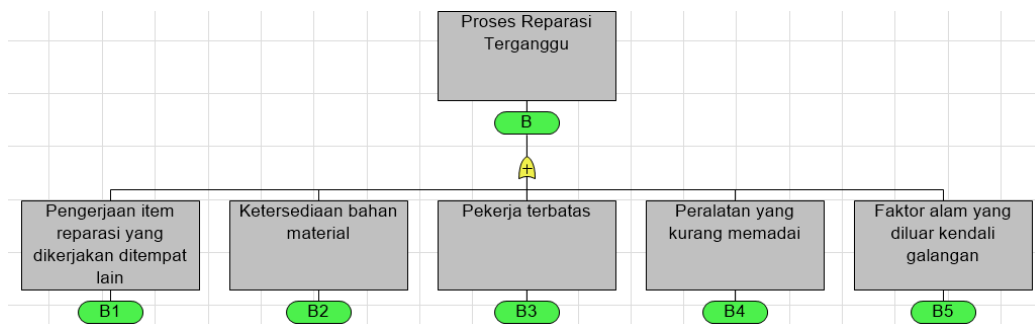
Diagram FTA yang disajikan disusun berdasarkan data hasil wawancara dengan para responden yang memiliki keahlian dan keterlibatan langsung dalam pelaksanaan proyek reparasi kapal :



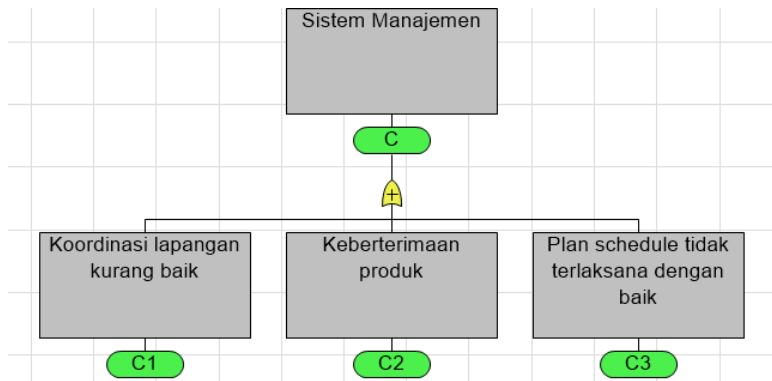
Gambar 4. 2 Diagram FTA Peningkatan Durasi Reparasi KM. Dharma Ferry 2



Gambar 4. 3 Diagram FTA proses *Docking* Terhambat



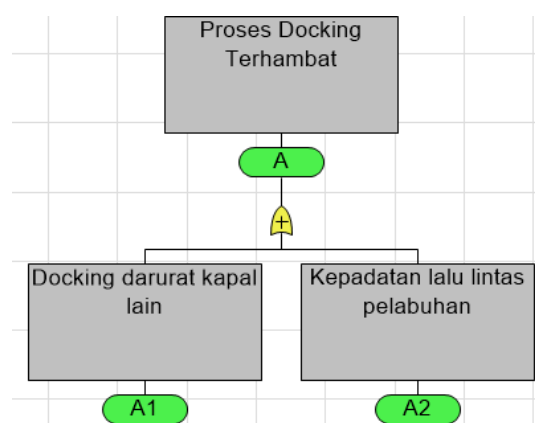
Gambar 4. 4 Diagram FTA Proses Reparasi Terganggu



Gambar 4. 5 Diagram FTA Sistem Manajemen

Berdasarkan hasil telaah terhadap dokumen proyek serta wawancara dengan narasumber, disusunlah struktur *Fault Tree Analysis* (FTA) dengan kejadian puncak (*top event*) berupa peningkatan durasi/keterlambatan dalam pelaksanaan proyek reparasi kapal KM. Dharma Ferry 2. Pada Gambar 4.2 ditampilkan tiga kategori utama sebagai *intermediate event* yang secara langsung berkontribusi terhadap kejadian puncak, yaitu proses *docking* terhambat, proses reparasi terganggu, dan sistem manajemen. Rangkaian penyebab dari masing-masing *intermediate event* dijelaskan lebih lanjut melalui Gambar 4.3 hingga Gambar 4.5. Pada bagian proses *docking* terhambat memiliki dua *event* yaitu *docking* darurat kapal lain dan kepadatan lalu lintas pelabuhan. Proses reparasi terganggu memiliki lima *event* yaitu pengerjaan item reparasi dikerjakan ditempat lain, ketersediaan barang material, pekerja terbatas, peralatan yang kurang memadai, dan faktor alam yang diluar kendali galangan. Kemudian dari sistem manajemen memiliki 3 *event* diantaranya koordinasi lapangan kurang baik, keberterimaan produk dan *plan schedule* tidak terlaksana dengan baik.

4.3.1 Proses docking terhambat



Gambar 4. 6 Diagram FTA Proses *Docking* Terhambat

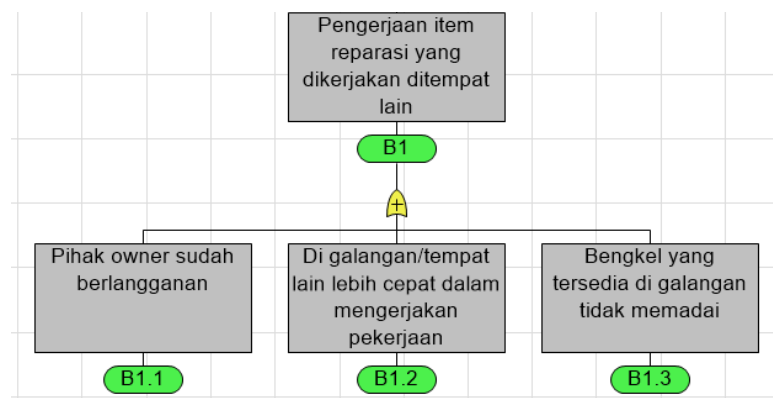
Proses *docking* terhambat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu, *docking* darurat kapal lain dan kepadatan lalu lintas di Pelabuhan. Sejumlah faktor penyebab yang telah diidentifikasi berasal dari hasil wawancara dengan para ahli yang memiliki keterlibatan langsung dalam pelaksanaan proyek

reparasi kapal. Ketika kapal KM. Dharma Ferry 2 mulai naik dock dan proses perbaikan berlangsung, ada docking darurat dari kapal lain KM. Wahyu Pandanaran yang masuk dan di posisikan di belakang kapal, dan Ketika proses reparasi di atas dock telah selesai, kapal terkait yaitu KM. Dharma Ferry 2 tidak bisa keluar karena masih ada kapal lain yang sedang melakukan docking, sehingga terjadi penundaan terhadap jadwal turunnya kapal KM. Dharma Ferry 2. Disisi lain kepadatan lalu lintas Pelabuhan memang umum terjadi Ketika waktu waktu tertentu saja seperti musim liburan dan puncak wisata, musim panen dan ekspor komoditas, kondisi cuaca buruk seperti badai, kabut tebal atau cuaca ekstrem sehingga lalu lintas kapal dapat tertunda yang menyebabkan penumpukan kapal di Pelabuhan.

4.3.2 Proses Reparasi Terganggu

Terganggunya proses reparasi dipengaruhi oleh sejumlah faktor, antara lain: pengerjaan item reparasi yang dikerjakan ditempat lain, ketersediaan bahan material, pekerjaan terbatas, peralatan yang kurang memadai, dan faktor alam yang diluar kendali galangan.

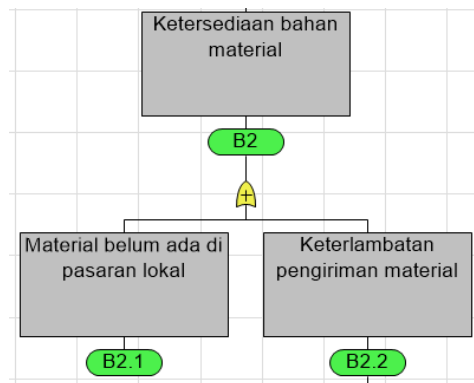
a. Pengerjaan Item Reparasi yang dikerjakan ditempat lain



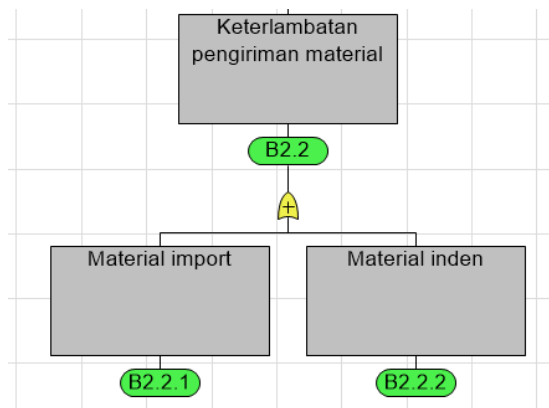
Gambar 4. 7 Diagram FTA Pengerjaan item reparasi dikerjakan ditempat lain

Dari faktor penyebab pengerjaan item reparasi dikerjakan ditempat lain disebabkan oleh pihak owneryang sudah berlangganan, digalangan/tempat lain lebih cepat dalam mengerjakan pekerjaan, dan bengkel yang tersedia di galangan tidak memadai. Seperti yang terjadi pada kapal KM. Dharma Ferry 2, beberapa item reparasi di kerjakan pada galangan lain yaitu pada bagian propeller dikarenakan owner sudah berlangganan dengan tempat terkait, pada kasus ini propeller di kerjakan pada galangan yang terletak di Surabaya. Akibatnya proses pengiriman menjadi kendala dan hal itu menjadi penyebab terlambatnya penyelesaian reparasi.

b. Ketersediaan Bahan Material



Gambar 4. 8 Diagram FTA Ketersediaan Bahan Material

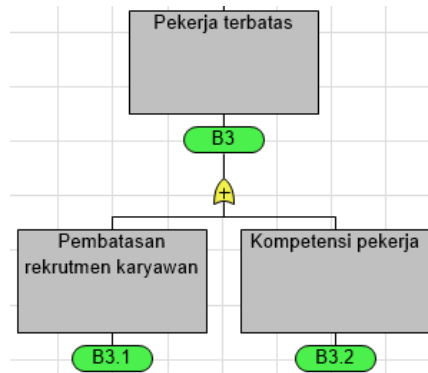


Gambar 4. 9 Diagram FTA Keterlambatan pengiriman Material

Salah satu faktor penyebab peningkatan durasi dalam proyek reparasi adalah keterlambatan pengadaan bahan material. Hal ini terjadi karena sejumlah material tidak tersedia di pasar lokal atau belum dijual secara bebas di dalam negeri. Oleh sebab itu, untuk menjawab kebutuhan tersebut, dilakukan proses impor dari luar negeri. Selain itu, beberapa material yang belum diproduksi secara massal di dalam negeri juga memerlukan sistem inden terlebih dahulu agar dapat diperoleh.

Kondisi impor dan inden ini berdampak pada terganggunya jadwal pelaksanaan pekerjaan. Tak hanya itu, hambatan lain juga kerap muncul dalam proses distribusi, seperti habisnya stok di gudang penyedia atau kendala teknis seperti keterlambatan pengiriman dan insiden selama pengangkutan. Situasi ini menyebabkan waktu penyediaan material menjadi jauh lebih lama dari yang direncanakan.

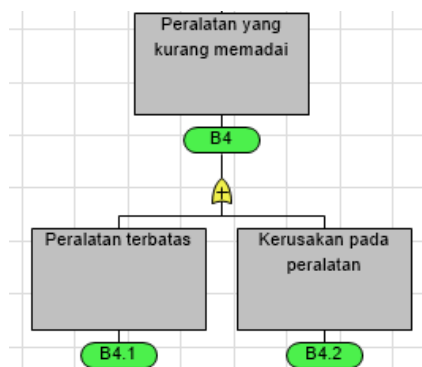
c. Pekerja Terbatas



Gambar 4. 10 Diagram FTA Pekerja Terbatas

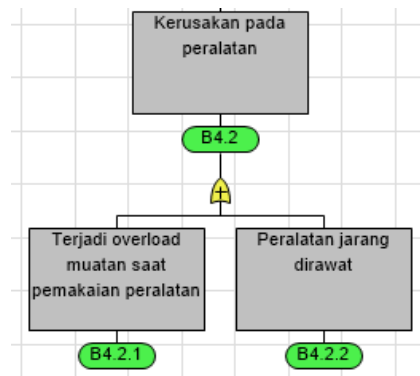
Keterbatasan jumlah tenaga kerja turut menjadi salah satu penyebab utama peningkatan durasi atau keterlambatan dalam pelaksanaan proyek perbaikan kapal. Kondisi ini umumnya terjadi akibat kekurangan tenaga kerja pada bagian atau bidang pekerjaan tertentu yang membutuhkan keahlian khusus, dimana pada *event* ini memiliki *basic event* yaitu pembatasan rekrutmen karyawan dan kompetensi pekerja yang belum serasi terhadap posisi yang dijabatnya. Kondisi keterbatasan jumlah tenaga kerja menyebabkan pelaksanaan pekerjaan proyek menjadi kurang optimal.

d. Peralatan yang Kurang Memadai



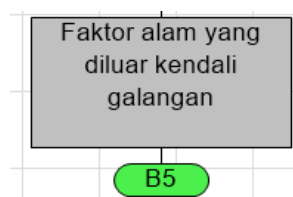
Gambar 4. 11 Diagram FTA Peralatan yang Kurang Memadai

Peralatan dan perlengkapan kerja merupakan sarana penunjang utama dalam pelaksanaan proyek. Jika fasilitas tersebut tidak memadai atau tidak memenuhi standar yang ditetapkan, maka pelaksanaan pekerjaan berpotensi mengalami hambatan. Dilihat Dari beberapa faktor penyebab fasilitas peralatan yang kurang memadai ini disebabkan karena peralatan yang terbatas dan kerusakan pada peralatan, dimana pada kerusakan peralatan ini dikarenakan sering terjadinya overload pada muatan saat pemakaian peralatan juga kurangnya perawatan yang baik.



Gambar 4. 12 Diagram FTA kerusakan pada peralatan

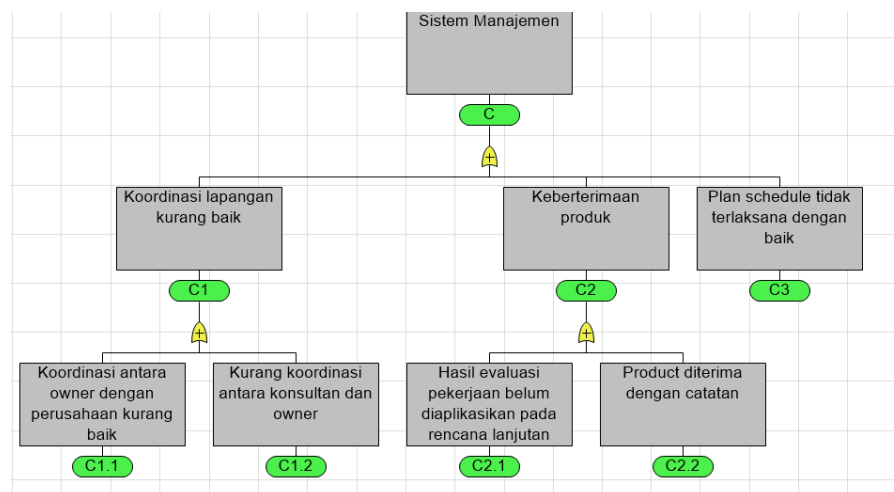
- e. Faktor Alam yang diluar Kendali Galangan



Gambar 4. 13 Diagram FTA faktor alam yang diluar kendali galangan

Dari faktor penyebab kondisi cuaca/faktor alam yang diluar kendali galangan menjadi *basic event* pada diagram FTA diatas. Cuaca adalah variabel eksternal yang tidak dapat dikendalikan oleh galangan kapal. Oleh karena itu sulit untuk memprediksi dan menganalisis lebih dalam dampaknya terhadap proses reparasi.

4.3.3 Sistem Manajemen Proyek Tidak Tepat/Kurang Baik



Gambar 4. 14 Diagram FTA Sistem Manajemen

Sistem manajemen proyek yang tidak berjalan dengan optimal dapat menimbulkan gangguan dalam pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Beberapa aspek yang turut memengaruhi efektivitas manajemen antara

lain lemahnya koordinasi di lapangan, baik antara konsultan, kontraktor, maupun pihak pemilik proyek, yang kerap menimbulkan perbedaan pemahaman dan arahan dalam proses pelaksanaan.

Selain itu, ketidaksesuaian antara perencanaan jadwal kerja (*plan schedule*) dengan kondisi riil di lapangan juga menjadi penyebab utama jadwal tidak terlaksana sebagaimana mestinya. Pada aspek keberterimaan produk (*product acceptance*), terdapat dua faktor penyebab, yakni hasil evaluasi pekerjaan yang belum dijadikan dasar untuk perencanaan lanjutan serta adanya penerimaan hasil kerja dengan catatan (*accepted with note*). Kelemahan dalam pengendalian manajemen umumnya disebabkan oleh tidak dilakukannya pengawasan yang memadai selama proses pekerjaan berlangsung, serta absennya evaluasi terhadap hasil pekerjaan yang telah selesai. Kondisi di mana pekerjaan diterima dengan catatan biasanya menunjukkan adanya ketidaksesuaian hasil pekerjaan dengan kesepakatan awal atau adanya penambahan volume kerja yang tidak direncanakan sebelumnya.

Melalui pemodelan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) pada proyek reparasi kapal KM. Dharma Ferry 2, dapat diidentifikasi sejumlah *basic event* yang berperan langsung sebagai pemicu terjadinya *top event* atau kejadian utama, yaitu peningkatan durasi dalam penyelesaian proyek.

Basic event merupakan peristiwa dasar yang tidak dapat diuraikan lebih lanjut dan menjadi akar penyebab kegagalan dalam sistem. Dalam konteks penelitian ini, setiap *basic event* merepresentasikan faktor spesifik yang secara individual dapat memicu gangguan pada tahapan pelaksanaan proyek, baik dari aspek teknis, administratif, hingga lingkungan eksternal.

Tabel 4.2 menyajikan daftar *basic event* yang diambil dari struktur *fault tree* sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.1 hingga Gambar 4 :

Tabel 4.2 jumlah *Basic event* pada diagram FTA

No	Nama kejadian	Kode
1	Docking darurat kapal lain	A1
2	Kepadatan lalu lintas pelabuhan	A2
3	Pihak owner sudah berlangganan dengan galangan lain	B1.1
4	Digalangan/tempat lain lebih cepat dalam mengerjakan pekerjaan	B1.2
5	Bengkel yang tersedia digalangan tidak memadai	B1.3
6	Material belum ada dipasaran lokal	B2.1
7	Material import	B2.2.1
8	Material inden	B2.2.2
9	Pembatasan rekrutmen karyawan	B3.1
10	Kompetensi pekerja	B3.2

11	peralatan terbatas	B4.1
12	Terjadi overload muatan saat pemakaian peralatan	B4.2.1
13	Peralatan jarang dirawat	B4.2.2
14	Faktor alam yang diluar kendali galangan (ex:banjir, badai, dll)	B5
15	Koordinasi antara owner dengan perusahaan kurang baik	C1.1
16	Kurang koordinasi anantara konsultan dan owner	C1.2
17	Hasil evaluasi pekerjaan belum diaplikasikan pada rencana lanjutan	C2.1
18	produk diterima dengan catatan	C2.2
19	Plan Schedule tidak terlaksana	C3

Tabel 4.3 memuat identitas singkat para responden yang diwawancarai dalam rangka penyusunan Fault Tree Analysis (FTA). Informasi lebih lengkap terkait profil responden dapat dilihat pada bagian lampiran. Pemilihan responden dilakukan secara selektif berdasarkan keterkaitannya dengan permasalahan peningkatan durasi atau keterlambatan pada proyek reparasi kapal KM. Dharma Ferry 2.

Tabel 4. 3 Data Diri Responden

No	NAMA	POSISI	Pengalaman
1	A	Kabag Mesin/Produksi	27 Tahun
2	B	Kabag Outfitting	28 Tahun
3	C	Project Officer/Assistent	1 Tahun
4	D	Kabag Gudang/Marketing	27 Tahun
5	E	Suervisor Lambung/Replating	2 Bulan
6	F	Kasie ADM Teknik	26 Tahun
7	G	Quality Control (QC)	13 Tahun
8	H	Kabag Keselamatan/K3	22 Tahun
9	I	Kabag Dock	14 Tahun

10	J	ADM Listrik	22 Tahun
----	---	-------------	----------

Estimasi probabilitas untuk setiap *basic event* dalam Fault Tree Analysis (FTA) yang berkaitan dengan keterlambatan reparasi kapal diperoleh melalui kegiatan pengumpulan informasi dan wawancara dengan individu yang memiliki keterlibatan langsung dalam proyek.

4.4 Analisa Kuantitatif *Fault Tree Analysis* (FTA)

Analisis *Fault Tree Analysis* (FTA) dilakukan dengan menerapkan prinsip logika gerbang (logic gate), di mana digunakan hukum penjumlahan probabilitas untuk gerbang OR dan hukum perkalian probabilitas untuk gerbang AND. Tujuan utama dari analisis ini yaitu untuk mencari nilai *minimal cut set*, yaitu kombinasi dari *basic event* yang paling sederhana namun cukup untuk menyebabkan *top event* terjadi. Penentuan *probability* untuk masing-masing *minimal cut set* didasarkan pada indeks frekuensi yang telah ditetapkan sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Indeks Frekuensi Berdasarkan Aturan DNV

FI	Rating	Interpretation	Kuantitatif
5	Frequent	Kejadian terjadi hampir tiap reparasi kapal	10^{-1}
4	Reasonably Probable	Terjadinya kejadian tiap rentang 5 kali dalam proyek reparasi	10^{-2}
3	Remote	Terjadinya kejadian tiap rentang 25 kali dalam proyek reparasi	10^{-3}
2	Extremely Remote	Terjadinya kejadian tiap rentang 75 kali dalam proyek reparasi	10^{-4}
1	Improbable	Terjadinya kejadian tiap rentang 100 kali dalam proyek reparasi	10^{-5}

Berdasarkan tabel tersebut, diperoleh nilai probabilitas untuk masing-masing *basic event* yang dihitung berdasarkan masukan dari sejumlah responden atau pakar yang memiliki keterlibatan langsung dalam proyek.

Tabel 4. 2 Probabilitas pada tiap-tiap *Basic Event*

Kode	Nama Kejadian/Event	Probabilitas
A1	Docking darurat kapal lain	0.01036
A2	Kepadatan lalu lintas pelabuhan	0.00262
B1.1	Pihak owner sudah berlangganan dengan galangan lain	0.01333
B1.2	Digalangan/tempat lain lebih cepat dalam mengerjakan pekerjaan	0.000082
B1.3	Bengkel yang tersedia digalangan tidak memadai	0.000055
B2.1	Material belum ada dipasaran lokal	0.0055

B2.2.1	Material import	0.0127
B2.2.2	Material inden	0.0109
B3.1	Pembatasan rekrutmen karyawan	0.00055
B3.2	Kompetensi pekerja	0.003511
B4.1	peralatan terbatas	0.002143
B4.2.1	Terjadi overload muatan saat pemakaian peralatan	0.0064
B4.2.2	Peralatan jarang dirawat	0.00064
B5	Faktor alam yang diluar kendali galangan (ex:banjir, badai, dll)	0.0019
C1.1	Koordinasi antara owner dengan perusahaan kurang baik	0.00037
C1.2	Kurang koordinasi anantara konsultan dan owner	0.00073
C2.1	Hasil evaluasi pekerjaan belum diaplikasikan pada rencana lanjutan	0.0073
C2.2	produk diterima dengan catatan	0.0028
C3	Plan Schedule tidak terlaksana	0.02521

Selanjutnya, nilai-nilai probabilitas yang telah diperoleh dari masing-masing *basic event* akan dihitung dan dianalisis melalui kombinasi *minimal cut set*. Perhitungan ini bertujuan untuk menentukan besarnya kemungkinan terjadinya *top event* atau kejadian puncak berdasarkan gabungan dari beberapa kejadian dasar. Analisis ini dilakukan dengan menerapkan prinsip logika gerbang (*logic gate*) AND dan OR, yang digunakan untuk menyusun struktur pohon kesalahan (*fault tree*) secara kuantitatif.

Dengan menerapkan rumus probabilitas gabungan, analisis *minimal cut set* memungkinkan identifikasi kombinasi kejadian paling kritis yang dapat menyebabkan keterlambatan dalam proyek. Langkah ini penting untuk menentukan area prioritas dalam mitigasi risiko keterlambatan.

4.4.1 Perhitungan Minimal Cut Set pada Intermediate Event A

Intermediate Event A merupakan salah satu penyebab Top Event(kejadian Puncak) terjadi dalam struktur *Fault Tree Analysis* (FTA) yang telah dibangun sebelumnya. Untuk mengetahui sejauh mana kontribusi kejadian ini terhadap keterlambatan proyek, maka dilakukan perhitungan nilai probabilitas berdasarkan gabungan dari basic event yang terkait di bawahnya.

Dalam analisis ini, setiap basic event di bawah Intermediate Event A dihubungkan dengan menggunakan simbol logika OR, yang menunjukkan bahwa cukup satu saja dari kejadian-kejadian tersebut terjadi untuk menyebabkan Intermediate Event A aktif. Oleh karena itu, pendekatan perhitungan yang digunakan adalah kombinasi *cut set untuk OR Gate*, dengan mempertimbangkan bahwa seluruh kejadian bersifat independen.

Kombinasi Cut Set OR Gate :

$$T = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

$$P(T) = P.(C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_n)$$

$$= (P.(C_1) + P(C_2) + \dots P(C_n)) - (P(C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_n))$$

Kombinasi Cut Set pada AND Gate :

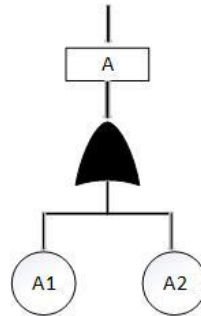
$$T = C_1 * C_2 * \dots * C_n$$

$$P(T) = P(C_1 \cap C_2 \cap \dots \cap C_n)$$

$$= (P(C_1) * P(C_2) + \dots * P(C_n))$$

Dimana : T = Hasil minimal *cut set* (MCS)

P(C_n) = Probabilitas untuk *event* C_n



Gambar 4. 15 Diagram FTA pada Pekerjaan A

Gambar 4.15 menampilkan struktur Fault Tree Analysis (FTA) untuk salah satu *intermediate event*, yaitu pekerjaan A. Event ini tersusun atas dua *basic event*, yakni A1 dan A2, yang dihubungkan menggunakan *logic gate* tipe OR. Berdasarkan struktur tersebut, probabilitas terjadinya event A dihitung melalui kombinasi probabilitas masing-masing *basic event* dengan menerapkan prinsip logika Boolean. Persamaan perhitungan probabilitas totalnya adalah sebagai berikut :

$$T = A_1 \cup A_2$$

$$T = A_1 + A_2$$

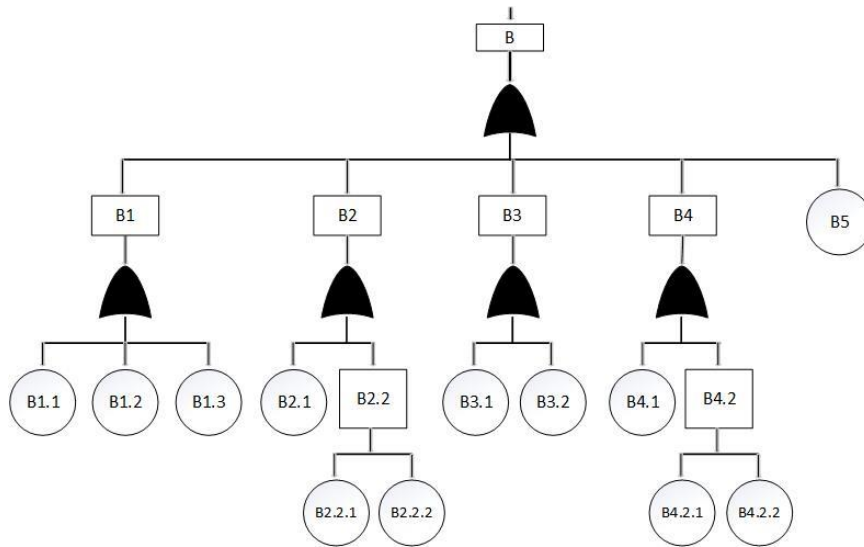
$$P(T) = (P(A_1) + P(A_2)) - (P(A_1 * A_2))$$

$$= (0.01036 + 0.00262) - (0.01036 * 0.00262)$$

$$= 0.01298$$

Dengan demikian, probabilitas terjadinya event A sebagai *intermediate event* diperoleh sebesar 0.01298. Nilai ini akan digunakan sebagai input untuk tahapan analisis berikutnya dalam struktur FTA hingga mencapai *top event*.

4.4.2 Perhitungan Minimal Cut Set pada Intermediate Event B



Gambar 4. 16 Diagram FTA Pekerjaan B

Gambar 4.16 menampilkan *Fault Tree Analysis (FTA)* untuk pekerjaan B, yang terdiri dari lima cabang utama: B1, B2, B3, B4, dan B5. Semua cabang menggunakan logic gate jenis OR, yang berarti bahwa terjadinya salah satu dari basic event pada setiap cabang sudah cukup untuk memicu kejadian pada pekerjaan B. Perhitungan probabilitas event B dilakukan dengan cara menjumlahkan seluruh probabilitas basic event, karena semua jalur merupakan OR gate, tanpa perlu mempertimbangkan irisan kombinasi (AND).

Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$T = B_1 \cup B_2 \cup B_3 \cup B_4 \cup B_5$$

$$T = B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5$$

$$P(T) = (P(B_1) + P(B_2) + P(B_3) + P(B_4) + P(B_5)) - (P(B_1 * B_2 * B_3 * B_4 * B_5))$$

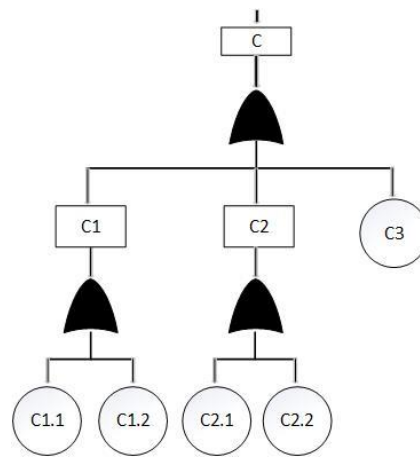
$$= ((P(B_{1.1}) + P(B_{1.2}) + P(B_{1.3}) + P(B_{2.1}) + P(B_{2.2.1}) + P(B_{2.2.2}) + P(B_{3.1}) + P(B_{3.2}) + P(B_{4.1}) + P(B_{4.2.1}) + P(B_{4.2.2}) + P(B_5) - (P(B_{1.1}) * (B_{1.2}) * (B_{1.3}) * (B_{2.2.1} * B_{2.2.2}) * (B_{3.1}) * (B_{3.2}) * (B_{4.1}) * (B_{4.2.1} * B_{4.2.2}) * (B_5))$$

$$= (0,01333 + 0,000082 + 0,000055 + 0,0055 + 0,0127 + 0,0109 + 0,00055 + 0,003511 + 0,002143 + 0,0064 + 0,00064 + 0,0019) - (0,01333 * 0,000082 * 0,000055 * 0,0055 * 0,0127 * 0,0109 * 0,00055 * 0,003511 * 0,002143 * 0,0064 * 0,00064 * 0,0019)$$

$$= 0,057711$$

Probabilitas gabungan untuk intermediate event pekerjaan B adalah 0.057711. Nilai ini merupakan akumulasi dari seluruh *basic event* yang berhubungan, dan karena semuanya merupakan jalur OR, maka setiap kejadian cukup berkontribusi secara independen terhadap kejadian utama pekerjaan B.

4.4.3 Perhitungan Minimal Cut Set pada Intermediate Event C



Gambar 4. 17 Diagram FTA Pekerjaan C

Intermediate event C menggambarkan faktor-faktor sistem manajemen proyek yang berperan terhadap peningkatan durasi/ keterlambatan reparasi kapal KM. Dharma Ferry 2. Berdasarkan struktur pada Gambar 4.17, *intermediate event* ini terdiri dari tiga penyebab utama, yaitu C1, C2, dan C3. Masing-masing dari penyebab tersebut memiliki *basic event* yang lebih rinci yang saling berkontribusi dalam membentuk risiko peningkatan durasi/keterlambatan.

1. C1 mencerminkan masalah koordinasi lapangan yang tidak berjalan optimal, diturunkan menjadi dua basic event, yakni C1.1 dan C1.2.
2. C2 menggambarkan kondisi plan schedule yang tidak dapat dijalankan dengan baik, yang juga terdiri atas dua basic event yaitu C2.1 dan C2.2.
3. C3 berkaitan dengan keberterimaan produk yang tidak memenuhi ekspektasi awal proyek.

Semua hubungan antar event dalam struktur ini disusun menggunakan logika OR, yang menunjukkan bahwa apabila salah satu dari basic event terjadi, maka dapat memicu terjadinya intermediate event C. Oleh karena itu, dilakukan pendekatan perhitungan menggunakan kombinasi *Minimal Cut Set OR Gate*.

maka dapat ditentukan sebuah persamaan dibawah ini sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 T &= C1 + C2 + C3 \\
 P(T) &= (P(C1) + P(C2) + P(C3)) - (P(C1 * C2 * C3)) \\
 &= ((P(C1.1) + P(C1.2)) + ((P(C2.1) + P(C2.2)) + P(C3) - P(C1.1 * C1.2) * \\
 &\quad (C2.1 * C2.2) * C3 \\
 &= (0,00037 + 0,00073 + 0,0073 + 0,0028 + 0,02521) (0,00037 * 0,00073 * \\
 &\quad 0,0073 * 0,0028 * 0,02521) \\
 &= 0,03641
 \end{aligned}$$

Dengan demikian, nilai kombinasi MCS untuk intermediate event pekerjaan C adalah sebesar **0,03641**. Nilai ini menunjukkan besarnya kemungkinan terjadinya gangguan pada pekerjaan C yang berasal dari kombinasi ketiga komponen dasar yang saling berkontribusi terhadap terjadinya kejadian puncak (*top event*).

4.4.4 Perhitungan Probabilitas *Top Event*

Setelah dilakukan perhitungan nilai MCS dari masing-masing intermediate event, yaitu pekerjaan A, pekerjaan B, dan pekerjaan C, maka tahap selanjutnya adalah menghitung nilai probabilitas dari **top event**, yaitu keterlambatan proyek reparasi kapal KM. Dharma Ferry 2 secara keseluruhan.

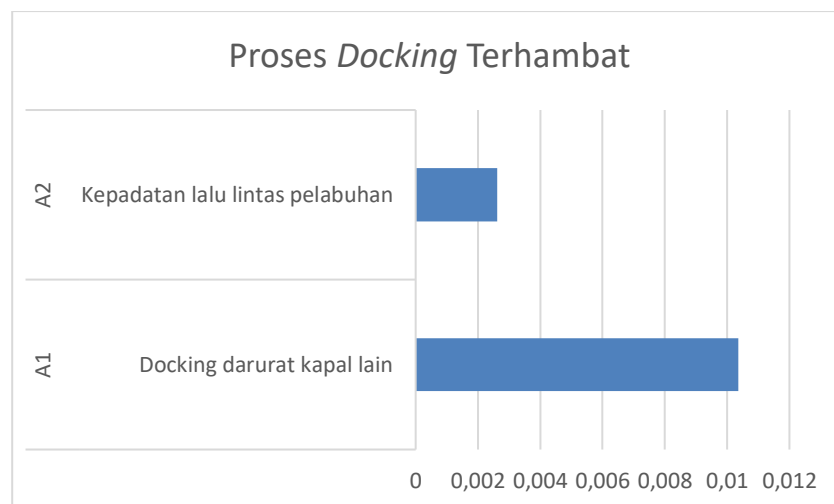
Nilai probabilitas *top event* ini diperoleh melalui penjumlahan dari probabilitas kombinasi minimal *cut set* masing-masing *intermediate event*, karena ketiga jalur tersebut memiliki hubungan logika OR dalam struktur *Fault Tree Analysis* (FTA). Adapun rumus perhitungan yang dipakai sebagai berikut :

$$\begin{aligned} TE &= A + B + C \\ &= 0.01298 + 0,057711 + 0,03641 \\ &= 0,107101 \end{aligned}$$

Dengan demikian, hasil akhir dari total probabilitas top event adalah sebesar **0,107101**.

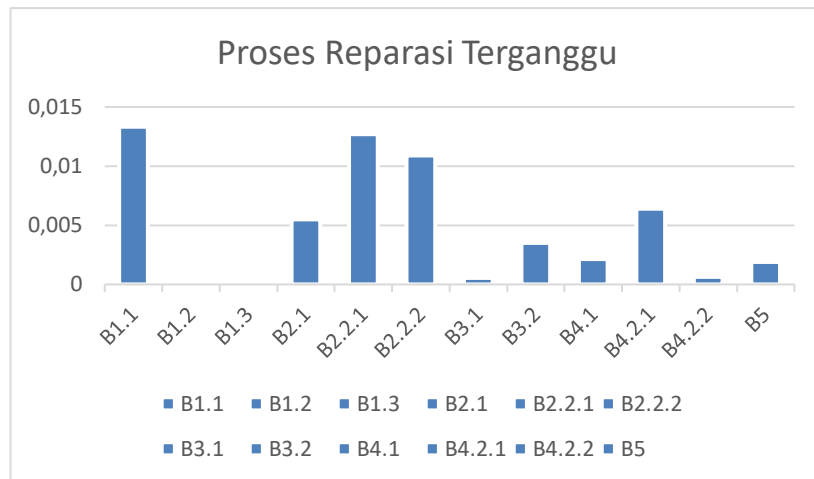
Nilai probabilitas total dari top event, yakni peningkatan durasi proyek reparasi kapal diperoleh sebesar 0,1071 atau setara dengan 10,71%.

Berdasarkan Frequency Index (FI) yang direkomendasikan oleh DNV (Det Norske Veritas) dalam analisis risiko kuantitatif, nilai tersebut termasuk dalam kategori frekuensi menengah. Dalam klasifikasi ini, kejadian dengan probabilitas 10–100 kali per 1.000 kejadian (atau setara dengan 1–10 kali per 100 proyek) dikategorikan sebagai insiden dengan frekuensi moderat dan masih dalam batas toleransi industri. Artinya, probabilitas sebesar 10,71% mengindikasikan bahwa peningkatan durasi seperti yang terjadi pada proyek ini masih berpotensi terjadi dalam sekitar 5 hingga 10 dari setiap 100 proyek reparasi serupa.



Gambar 4. 18 Grafik Probabilitas Event Proses Docking Terhambat

Pada *event* proses *docking* Terhambat *event* yang sering terjadi adalah *docking* darurat kapal lain (A1) dibanding dengan kepadatan lalu lintas pelabuhan (A2). Berdasarkan hasil perhitungan, event A1 (Docking Darurat Kapal Lain) memberikan kontribusi sekitar 83,86%, sedangkan A2 (Kepadatan Lalu Lintas Pelabuhan) menyumbang sekitar 16,14% terhadap keterlambatan yang terjadi pada proses *docking*.

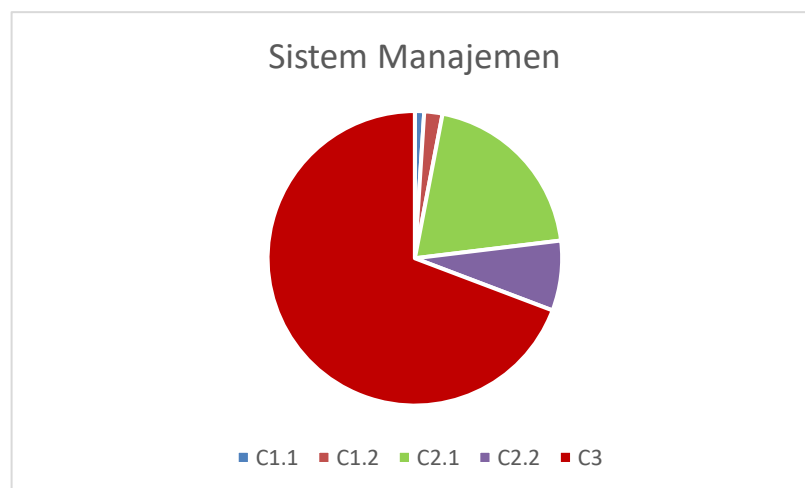


Gambar 4. 18 Grafik Probabilitas Event Proses Reparasi Terganggu

Berdasarkan hasil analisis Fault Tree Analysis (FTA) terhadap Intermediate Event Proses Reparasi Terganggu, dapat diidentifikasi bahwa terdapat beberapa faktor utama yang memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan durasi atau keterlambatan proyek reparasi kapal KM. Dharma Ferry 2. Faktor yang memiliki dampak tertinggi adalah B1.1 (Pihak owner sudah berlangganan dengan galangan lain), yang memiliki nilai probabilitas sebesar 0,01333, dengan kontribusi sekitar 23% dari total probabilitas dalam kelompok ini.

Faktor kedua adalah B2.2.1 (Material perlu diimpor) dengan probabilitas 0,0127, menyumbang 22% terhadap keterlambatan. Kemudian, B2.2.2 (Material belum tersedia dan perlu inden) juga memiliki peran signifikan, dengan nilai probabilitas 0,0109 dan kontribusi sekitar 19% .

Sementara itu, faktor B4.2.1 (Peralatan tidak memadai) dan B5 (Overload akibat penggunaan alat) menunjukkan pengaruh yang lebih kecil, dengan nilai probabilitas masing-masing 0,0064 dan estimasi kontribusi sekitar 11% terhadap keterlambatan.



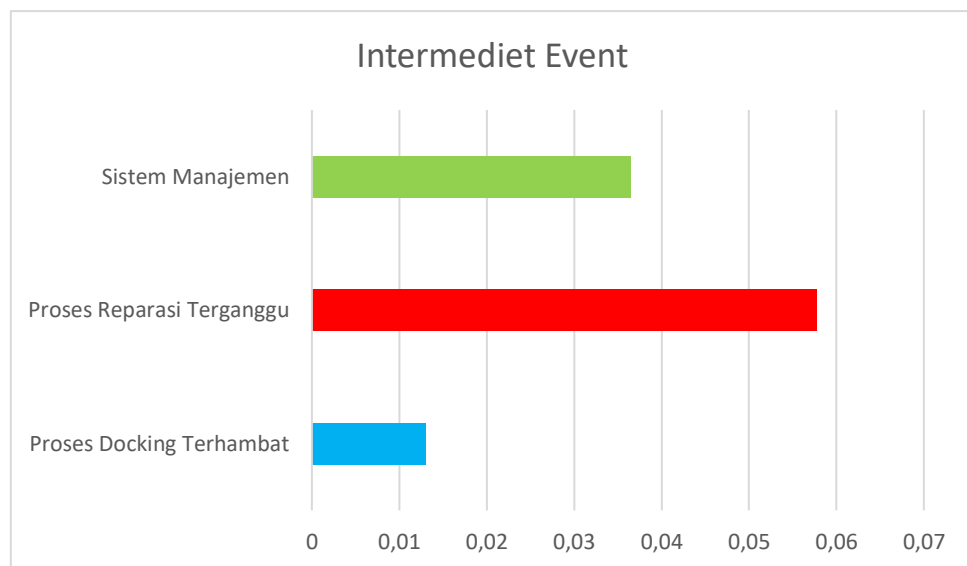
Gambar 4. 19 Grafik Probabilitas Event Sistem Manajemen

Berdasarkan visual pada grafik tersebut, dapat diketahui bahwa pada Intermediate Event Sistem

Manajemen, terdapat beberapa faktor yang berkontribusi terhadap peningkatan durasi/keterlambatan dalam proyek reparasi kapal. Dari keseluruhan event yang dianalisis, faktor dominan adalah Plan Schedule Tidak Terlaksana (C3) yang memiliki probabilitas tertinggi yaitu 0,02521, yang merepresentasikan kontribusi sekitar 69% terhadap keseluruhan sistem manajemen.

Selain itu, faktor lain yang juga cukup signifikan adalah Temuan dari evaluasi pekerjaan yang belum diintegrasikan ke dalam perencanaan tahap selanjutnya (C2.2), yang menyumbang sekitar 20% dari total probabilitas, dengan nilai sebesar 0,0073.

Faktor-faktor lainnya seperti Koordinasi Lapangan Kurang Maksimal (C1.1) dan Perbedaan Pendapat antara Konsultan dan Owner (C1.2) menunjukkan nilai probabilitas yang lebih rendah, namun tetap relevan sebagai bagian dari akumulasi risiko sistemik dalam pelaksanaan proyek.



Gambar 4. 20 Grafik Perbandingan Probabilitas Minumal *Cut Set*

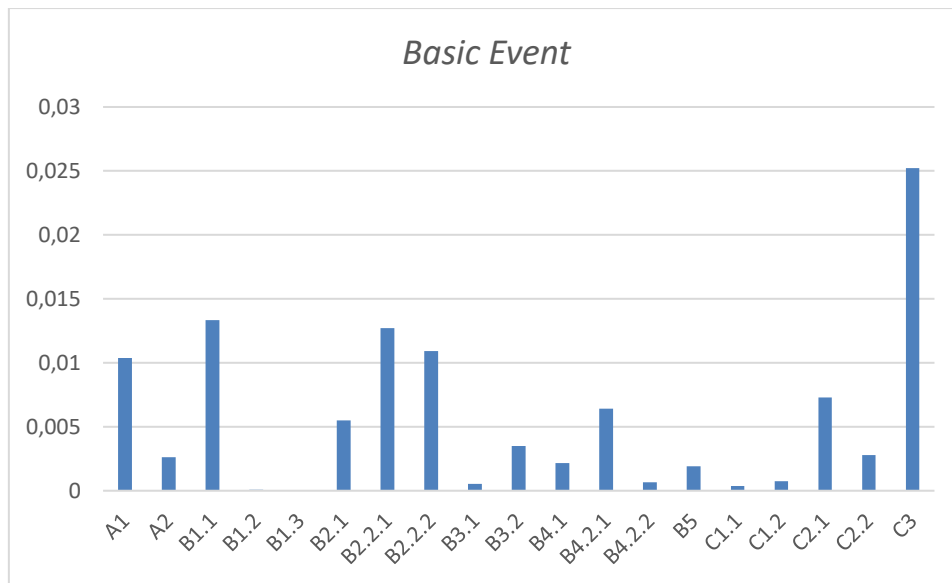
Berdasarkan grafik pada gambar diatas, terlihat bahwa aktivitas Proses Reparasi Terganggu memiliki nilai probabilitas tertinggi dibandingkan dengan Sistem Manajemen dan Proses Docking Terhambat. Hal ini mengindikasikan bahwa gangguan dalam proses reparasi merupakan penyebab utama peningkatan durasi reparasi kapal. Probabilitas yang diperoleh untuk kejadian intermediate event ini adalah sebesar 0,057711 atau setara dengan 5,77%, yang menegaskan bahwa gangguan pada tahap reparasi memiliki kontribusi signifikan terhadap risiko keterlambatan proyek.

Tingginya nilai probabilitas ini dapat dipahami karena proses perbaikan kapal mencakup berbagai tahapan yang kompleks, mulai dari pekerjaan awal hingga penyediaan suku cadang dan pelaksanaan perbaikan itu sendiri. Kompleksitas ini telah dibahas pada analisis kualitatif sebelumnya, yang menunjukkan bahwa hambatan dalam aktivitas-aktivitas tersebut menjadi faktor utama yang memperpanjang durasi perbaikan.

Selanjutnya, event kedua dengan nilai probabilitas tertinggi adalah Sistem Manajemen, yaitu sebesar 0,03641 atau 3,65%. Angka Ini menunjukkan bahwa kelemahan dalam sistem manajemen juga merupakan faktor signifikan dalam menyebabkan keterlambatan. Masalah yang sering muncul meliputi

kurangnya efektivitas koordinasi antar tim, tidak terealisasinya plan schedule, hingga lemahnya sinergi antar galangan kapal. Temuan ini memperkuat bahwa perbaikan pada aspek manajerial dapat menjadi solusi strategis untuk menekan risiko peningkatan durasi/keterlambatan.

Sementara itu, Proses Docking Terhambat mencatat nilai probabilitas terendah, yaitu 0,01298 atau 1,30%. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun docking adalah bagian penting dari rangkaian perbaikan, hambatan pada tahap ini tidak berpengaruh besar terhadap peningkatan durasi secara keseluruhan.



Gambar 4. 21 Gambar Grafik FTA Nilai *Basic Event*

Berdasarkan hasil analisis probabilitas pada masing-masing basic event, diketahui bahwa faktor dengan kontribusi tertinggi terhadap peningkatan durasi proyek adalah C3 (plan schedule tidak terlaksana), dengan nilai probabilitas sebesar 0,02521. Temuan ini menunjukkan bahwa kegagalan dalam menerapkan jadwal proyek secara konsisten dan tepat waktu memiliki dampak paling signifikan terhadap risiko keterlambatan. Oleh karena itu, diperlukan penguatan dalam sistem perencanaan dan pengendalian proyek, khususnya dalam hal disiplin pelaksanaan jadwal dan koordinasi lintas fungsi, guna mencegah deviasi waktu yang berulang di proyek-proyek berikutnya.

Secara keseluruhan, hasil ini menekankan pentingnya fokus pada optimalisasi proses reparasi dan perbaikan sistem manajemen sebagai langkah strategis dalam mengurangi risiko peningkatan durasi/keterlambatan. Dengan memahami kontribusi masing-masing faktor berdasarkan pendekatan kuantitatif dan kualitatif, diharapkan rekomendasi perbaikan yang disampaikan pada bab selanjutnya dapat lebih tepat sasaran.