



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

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

Sri Wahyuningsih¹⁾, Ir. Imam Pujo Mulyatno, MT¹⁾, Ir. Sarjito Joko Sisworo, M.Si.¹⁾

¹⁾Laboratorium Kapal-kapal Kecil dan Perikanan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*)}e-mail : sriwahyuningsih10@student.undip.ac.id, imampujomulyatno@lecturer.undip.ac.id, sarjitojokosisworo@lecturer.undip.ac.id

Abstrak

Proyek reparasi MT. Alice XXV yang direncanakan selesai dalam 22 hari, namun dalam pelaksanaan lapangan proyek reparasi tersebut selesai dalam 33 hari. Sehingga proyek reparasi mengalami keterlambatan, metode untuk mendapat penyebab keterlambatan proyek reparasi yaitu *Fault Tree Analisis* (FTA). Selanjutnya menganalisa penjadwalan ulang dengan *Critical Path Method* (CPM). Tujuan penelitian ini yaitu mendapatkan faktor penyebab keterlambatan proyek reparasi kapal dan mendapatkan penjadwalan ulang dengan alternatif penambahan jam kerja dan alternatif penambahan tenaga kerja. Hasil analisa FTA mendapatkan basic event penyebab utama keterlambatan proyek reparasi yaitu penggunaan peralatan secara berlebihan dengan probabilitas sebesar 0,009321. Hasil penjadwalan ulang diperoleh percepatan dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam, mengalami percepatan durasi 21,25% atau 6 hari lebih cepat dari durasi normal 33 hari menjadi 27 hari dan penambahan biaya sebesar 13,97% yaitu Rp. 93.000.000,00. Sedangkan percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja mengalami percepatan durasi 25% atau 6 hari lebih cepat dari durasi normal 33 hari menjadi 27 hari dan penambahan biaya sebesar 1,35% yaitu Rp. 82.700.000,00. Sehingga dapat disimpulkan penjadwalan dengan alternatif penambahan tenaga kerja lebih efektif dan biaya tambahan yang dikeluarkan tidak terlalu besar.

Kata Kunci : *Probability Value, Fault Tree Analysis, Reschedule, Critical Path Method*

1. PENDAHULUAN

Air laut bersifat sangat korosif dan merusak, sehingga kapal yang terus-menerus bersentuhan dengan laut mudah rusak. Hal ini mengharuskan kapal untuk menjalani perawatan rutin untuk menghindari kerusakan serius. Perawatan adalah memelihara kapal agar selalu dalam keadaan yang siap operasional dan dapat memenuhi jadwal pelayaran kapal yang telah ditentukan tepat pada waktunya [1].

Keterlambatan dalam pekerjaan reparasi kapal banyak disebabkan oleh beberapa faktor. Misalnya, keterlambatan *supply* material, pengaruh cuaca, jumlah pekerja yang terbatas, fasilitas galangan

yang belum memadai, dan lainnya [2]. Semakin banyak *repair list* yang diberikan oleh *owner*, semakin sulit juga pihak galangan menyelesaikan semua pekerjaan sesuai dengan permintaan [3].

Reparasi kapal adalah suatu kegiatan yang dilakukan berkala untuk mengecek kondisi kapal yang jawalnya ditentukan oleh aturan kelas untuk tiap-tiap kapal [4]. Perbaikan kapal pada prinsipnya tidak selalu berjalan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan perusahaan. Ini akan menunda proyek perbaikan kapal. Keterlambatan proyek perbaikan kapal dipengaruhi berbagai faktor. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis terhadap faktor-faktor penyebab keterlambatan

proyek perbaikan kapal dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

Fault Tree Analysis adalah teknik analisis sistem digunakan untuk menentukan akar penyebab permasalahan dan kemungkinan terjadinya kejadian tertentu yang tidak diinginkan. Model visual dari *Fault Tree Analysis* (FTA) disajikan dalam bentuk diagram hubungan sebab akibat suatu permasalahan [5].

Hasil penelitian Penjadwalan Berdasarkan Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Reparasi Kapal: Studi Kasus MV. Blossom dengan Metode *Fault Tree Analysis* terdapat tiga *basic event* utama penyebab keterlambatan proyek perbaikan kapal antara lain peralatan kerja terbatas dengan nilai probabilitas 0,33196, peralatan jarang dirawat dengan nilai probabilitas 0,22502, dan jumlah tenaga kerja kurang dengan nilai probabilitas 0,12393. Untuk penjadwalan ulang dengan *Critical Path Method* didapatkan bahwa proyek dapat selesai dalam waktu 41 hari yang semula 101 hari [6].

Hasil penelitian Analisa Resiko pada Proses Bongkar Muat dengan Metode AHP dan FTA di PT. Jaya Abadi Maritim menghasilkan 4 faktor penyebab permasalahan yaitu *waiting time*, *pre-custom clearance*, *custom clearance*, dan *psot-custom clearance*. Dengan bobot tertinggi pada *waiting time* yaitu sebesar 0.741 [7].

Berdasarkan penelitian pada proyek reparasi kapal SPB Titan 70 PT. Samudera Marine Indonesia, dengan *Critical Path Method* menghasilkan nilai diagram *network planning* dengan 30 tenaga kerja mengalami keterlambatan menjadi 42 hari dengan 25 aktivitas kritis bernilai *slack nol* dari target proyek yang dicapai adalah 32 hari. Maka proyek mengalami *crashing* menjadi 32 hari dan proyek diperkirakan terjadi penambahan pekerja sebanyak 52 tenaga kerja dengan 19 aktivitas kritis bernilai *slack* negatif [8].

Hasil penelitian KN. KUMBA di PT. Yasa Wahana Tirta Samudera Semarang, dengan *Critical Path Method* menghasilkan nilai diagram *network planning* mengalami kemajuan 40 hari dari schedule proyek awal 50 hari. Setelah dilakukan penambahan jam kerja atau lembur mengalami kenaikan dari harga perusahaan sebesar 2,5% untuk pekerjaan induk dan 4% untuk pekerjaan tambahan. Dengan nominal sebesar Rp. 384.320.000,00 untuk pekerjaan induk dan Rp. 455.220.000,00 untuk pekerjaan tambahan [9].

Proyek reparasi kapal di galangan dalam pelaksanaannya sering kali tidak sesuai dengan jadwal yang telah dibuat pada awal kontrak. Metode *network planning* merupakan metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan penjadwalan yang tepat pada proyek reparasi kapal yang dibantu

software Microsoft Project. Dengan *software* tersebut akan didapatkan jalur kritis, *network diagram*, perhitungan sumber daya, dan biaya yang akan dikeluarkan untuk proyek reparasi kapal [10].

Dalam tugas akhir ini, penelitian difokuskan pada kapal milik PT. IEL atau MT. Alice XXV yang diperbaiki di galangan PT. JMI. Perusahaan ini tidak memiliki investigasi yang membahas keterlambatan proyek perbaikan kapal. Setelah didapatkan analisis, dilakukan *reschedule* dengan *Critical Path Method* (CPM). *Critical Path Method* merupakan suatu rangkaian item pekerjaan dalam sebuah proyek yang menjadi bagian kritis dalam terselesainya proyek secara keseluruhan [11].

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendapatkan faktor penyebab terjadinya keterlambatan proyek reparasi kapal dengan metode *Fault Tree Analysis* dan mendapatkan penjadwalan ulang (*reschedule*) dengan *Critical Path Method* pada kapal MT. Alice XXV di galangan Semarang.

2. METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kualitatif dan kuantitatif. Masalah yang dianalisis berdasarkan kegiatan survei ditempat secara langsung.

2.1. Subjek Penelitian

Subjek penelitian Tugas Akhir ini yaitu menganalisis faktor penyebab keterlambatan proyek perbaikan kapal MT. Alice XXV yang didapatkan dari hasil pengamatan dan wawancara dari galangan berupa kuesioner. Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) digunakan untuk mengolah data kuesioner agar didapatkan diagram hubungan kausal penyebab keterlambatan proyek perbaikan kapal. Dari kuesioner juga dapat diketahui nilai probabilitas kegiatan dasar digunakan untuk menghitung nilai *minimal cut set*.

2.2. Objek Penelitian

Proyek perbaikan kapal MT. Alice XXV di galangan PT. JMI merupakan objek untuk penelitian Tugas Akhir ini. *Repair list* dan *schedule* kapal MT. Alice XXV dianalisis untuk mendapatkan durasi percepatan. Pengolahan data menggunakan *Critical Path Method* (CPM) dengan alternatif penambahan tenaga kerja pada pekerjaan kritis.

Tabel 1. Ukuran Utama MT. Alice XXV

Dimensi	Ukuran
LOA	105,00 m
LBP	97,00 m
B	15,20 m
D	7,50 m
d	6,43 m
DWT	4.981,00 ton

2.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data penelitian untuk penyusunan Tugas Akhir dilakukan di PT. Janata Marina Indah Semarang.

1. Pengamatan secara langsung dan wawancara digunakan untuk mendapatkan data primer berupa kuesioner. Data primer dari perusahaan meliputi *schedule*, *repair list*, dan *manpower*.
2. Data pendukung yaitu data sekunder guna untuk melengkapi penelitian berupa buku literatur, jurnal, artikel, dan penelitian sebelumnya untuk mempertimbangkan masalah dan solusi yang dibahas sebelumnya.

2.4. Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data untuk melakukan *reschedule* (penjadwalan ulang) berdasarkan analisis faktor penyebab keterlambatan proyek perbaikan kapal dalam penelitian ini adalah:

1. Melakukan analisis *schedule*, *repair list*, dan *manpower* pada proyek perbaikan kapal.
2. Melakukan pengamatan secara langsung dan wawancara untuk mendapatkan kegiatan yang mengalami keterlambatan dan faktor penyebabnya.
3. Membuat diagram FTA (*Fault Tree Analysis*) menggunakan data yang diperoleh dari pengamatan langsung dan wawancara.
4. Menghitung *minimal cut set* dari diagram analisa FTA untuk mengidentifikasi penyebab keterlambatan.
5. Menganalisis *main schedule* untuk melakukan penjadwalan ulang setelah didapatkan faktor penyebab keterlambatan proyek reparasi kapal.
6. Membuat *reschedule* (penjadwalan ulang) dan menentukan durasi kegiatan proyek perbaikan kapal berdasarkan kondisi lapangan.
7. Menganalisis perhitungan kegiatan yang dimulai paling awal (*Early Start*), kegiatan yang paling awal selesai (*Early Finish*), dan perhitungan mundur untuk mendapat kegiatan yang paling lama dimulai (*Latest Start*), serta kegiatan yang selesai paling lama (*Latest Finish*) dari tiap pekerjaan.
8. Mengidentifikasi *network diagram* untuk mendapat jalur kritis.
9. Menentukan penjadwalan ulang yang memiliki durasi tersingkat berdasarkan pekerjaan yang dipercepat dengan opsi penambahan tenaga kerja.
10. Menentukan hubungan hasil analisis *fault tree analysis* dengan *critical path method*.
11. Membandingkan penjadwalan baru dengan kondisi lapangan sehingga didapatkan proyek perbaikan kapal dengan waktu yang optimal.

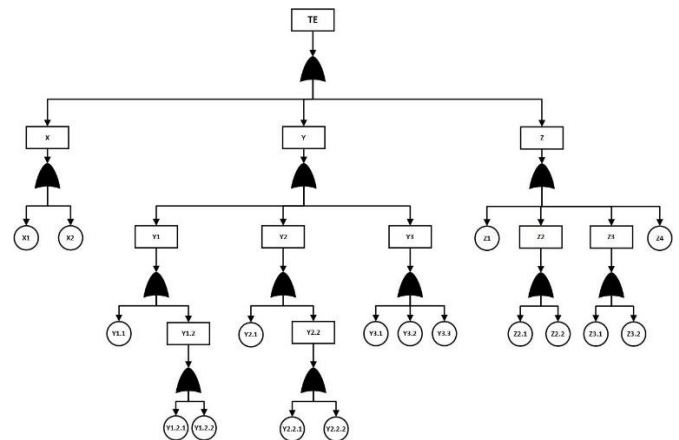
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan penelitian ini diperoleh dari pengolahan data primer dan data sekunder, sehingga diperoleh hasil berikut:

3.1. *Fault Tree Analysis* (FTA)

3.1.1. Langkah Menyusun FTA

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan batasan sistem yang di amati.
2. Membuat model FTA dengan menetapkan *top event* (kegiatan puncak), menentukan *intermediet event* dan hubungan terhadap *top event* menggunakan *logic gate* (gerbang logika), dilanjutkan sampai kegiatan *basic event* (kegiatan paling dasar).
3. Menghitung *minimal cut set* berdasarkan analisa diagram FTA untuk menentukan kombinasi kesalahan yang menyebabkan kegiatan *top event* terjadi.
4. Menganalisis FTA dengan *direct numerical approach* (pendekatan perhitungan langsung) yang bersifat *bottom-up approach* (dari *basic event* ke *top event*) dengan menggunakan probabilitas tiap kegiatan. Perhitungan gabungan probabilitas tiap kegiatan dasar akan menghasilkan nilai probabilitas *intermediet event* hingga dicapainya *top event*.



Gambar 1. Diagram FTA Penyebab Keterlambatan Proyek Perbaikan Kapal MT. Alice XXV

3.1.2. Analisa Kualitatif FTA

Analisis penyebab keterlambatan pada proyek perbaikan kapal MT. Alice XXV memiliki tiga *intermediet event* pada tingkat pertama yaitu proses *docking* terhambat, distribusi logistik, dan sistem manajemen.

Pada proses *docking* terhambat terdapat dua kegiatan dasar penyebab keterlambatan yaitu kepadatan lalu lintas pelabuhan dan *docking* darurat kapal lain.

Untuk distribusi logistik memiliki tiga *intermediet event* pada tingkat kedua antara lain

material belum untuk pekerjaan yang belum siap, peralatan dan perlengkapan yang kurang memadai untuk penunjang pekerjaan, dan terbatasnya jumlah pekerja pada perusahaan.

Penyebab material untuk pekerjaan yang belum siap yaitu material yang akan digunakan belum tersedia atau dijual secara bebas didalam negeri, sehingga perlu *import* material dari luar negeri untuk pemenuhan material yang dibutuhkan. Material yang belum diproduksi dalam negeri secara massal mengakibatkan harus melakukan inden material terlebih dahulu supaya mendapatkan material yang dibutuhkan. Akibat dari *import* dan inden material ini, terganggunya jadwal pelaksanaan pekerjaan menjadi terganggu. Selain itu, pengiriman material terkadang mengalami kendala seperti stok barang digudang yang habis sehingga dibutuhkan waktu lama untuk pengiriman material atau terjadi kecelakaan ketika pengiriman material. Akibatnya membutuhkan waktu yang sangat lama untuk penyediaan material yang akan dikerjakan.

Peralatan dan perlengkapan merupakan fasilitas untuk melaksanakan pekerjaan, apabila fasilitas tersebut kurang memadai atau tidak sesuai dengan standar maka proses pengerjaan proyek akan terganggu. Faktor yang dapat mempengaruhi terganggunya proses pengerjaan proyek antara lain peralatan dan perlengkapan yang sangat terbatas dan mengalami kerusakan. Peralatan dan perlengkapan kerja yang rusak biasanya disebabkan kurangnya perawatan serta penggunaan yang tidak sesuai aturan dan berlebihan.

Jumlah pekerja yang terbatas adalah salah satu faktor penyebab terhambatnya pengerjaan proyek perbaikan kapal. Terbatasnya jumlah tenaga kerja disebabkan kurangnya tenaga kerja pada bagian tertentu, pembatasan penerimaan karyawan untuk posisi tertentu, dan kompetensi pekerja yang belum sesuai dengan posisi pekerjaan yang dijabat. Akibat dari jumlah tenaga kerja yang terbatas maka proses pengerjaan proyek kurang maksimal.

Sistem manajemen yang tidak tepat dapat menyebabkan terganggunya pelaksanaan suatu pekerjaan. Beberapa faktor yang mempengaruhi sistem manajemen yaitu *plan schedule* yang tidak terlaksana dengan baik dikarenakan keberjalanan yang tidak sesuai dengan kondisi lapangan. Minimnya koordinasi dilapangan antara konsultan dengan perusahaan maupun owner sehingga terjadi perbedaan pendapat atau instruksi dalam pelaksanaan pekerjaan. Dalam pengendalian manajemen yang kurang bagus biasanya diakibatkan tidak terlaksananya kegiatan pengawasan pekerjaan dilapangan serta tidak dilakukan evaluasi pekerjaan yang telah selesai

dilaksanakan atau dikerjakan. Faktor penyebab produk diterima dengan catatan biasanya ada penambahan volume pekerjaan atau hasil pekerjaan yang tidak sesuai dengan kesepakatan yang telah dibuat.

3.1.3. Analisa Kuantitatif *Minimal Cut Set*

Menganalisis FTA dengan hukum *logic gate* yang terdapat hukum probabilitas penjumlahan untuk (*OR Gate*) dan hukum probabilitas perkalian untuk (*AND Gate*). Analisa ini bertujuan untuk mendapatkan nilai *minimal cut set*. *Minimal cut set* merupakan kombinasi peristiwa *basic event* penyebab terjadinya *top event*. Ketentuan probabilitas untuk *minimal cut set* disesuaikan dengan indeks frekuensi berikut:

Tabel 2. Indeks Frekuensi Berdasarkan Aturan DNV

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

Dari tabel tersebut, diperoleh probabilitas tiap *basic event* dari beberapa responden antara lain:

Tabel 3. Probabilitas *Basic Event*

Kode	Nama Kejadian	Probabilitas
X1	Kepadatan lalu lintas pelabuhan.	0.000537
X2	<i>Docking</i> darurat kapal lain.	0.001081
Y1.1	Material belum ada di pasaran lokal.	0.003381
Y1.2.1	Material <i>import</i> .	0.002386
Y1.2.2	Material inden.	0.002517
Y2.1	Peralatan terbatas.	0.008326
Y2.2.1	Peralatan jarang dirawat.	0.003925
Y2.2.2	Penggunaan peralatan secara berlebihan.	0.009321
Y3.1	Keterbatasan jumlah tenaga kerja.	0.003466
Y3.2	Pembatasan rekrutmen karyawan.	0.002116
Y3.3	Kompetensi pekerja	0.005442
Z1	<i>Plan schedule</i> yang tidak terlaksana.	0.002112
Z2.1	Kurang koordinasi antara konsultan dan perusahaan.	0.000991
Z2.2	Kurang koordinasi antara konsultan dan <i>owner</i> .	0.000991
Z3.1	Pengawasan pekerjaan tidak terlaksana.	0.001288
Z3.2	Evaluasi pekerjaan yang tidak terlaksana.	0.002517
Z4	Keberterimaan produk dengan catatan.	0.002566

Data probabilitas selanjutnya dikalkulasi dengan kombinasi *minimal cut set* sebagai berikut:
 Kombinasi *Cut Set* pada *OR Gate* :

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

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

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

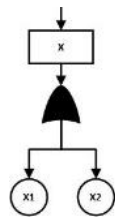
Kombinasi *Cut Set* pada *AND Gate* :

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

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

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

Dimana: **T** = Hasil *minimal cut set*
P(C_n) = Probabilitas untuk *event* C_n



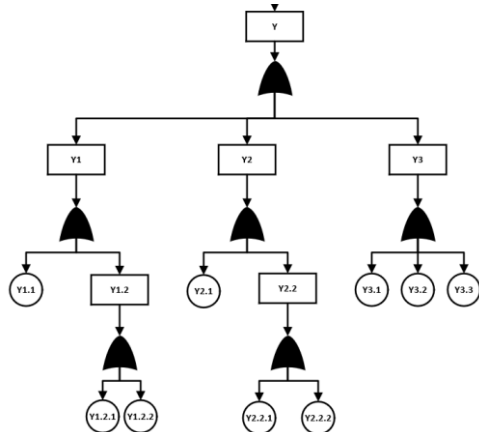
Gambar 2. Diagram FTA Pekerjaan X

Berdasarkan gambar diatas dapat ditentukan persamaan sebagai berikut :

$$T = X_1 + X_2$$

$$P(T) = (P(X_1) + P(X_2)) - (P(X_1 * X_2))$$

Hasil kombinasi *minimal cut set* pada pekerjaan X adalah 0.001618.



Gambar 3. Diagram FTA Pekerjaan Y

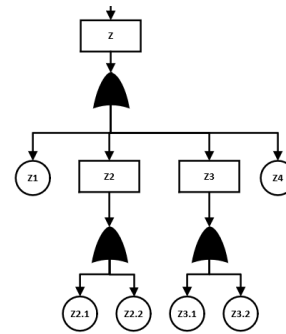
Berdasarkan gambar diatas dapat ditentukan persamaan sebagai berikut :

$$T = Y_1 + Y_2 + Y_3$$

$$P(T) = (P(Y_1) + P(Y_2) + P(Y_3)) - (P(Y_1 * Y_2 * Y_3))$$

$$= ((P(Y_{1.1}) + P(Y_{1.2})) + ((P(Y_{2.1}) + P(Y_{2.2})) + ((P(Y_{3.1}) + P(Y_{3.2}) + P(Y_{3.3})))) - (P(Y_{1.1} * Y_{1.2.1} * Y_{1.2.2}) * Y_{2.1} * (Y_{2.2.1} * Y_{2.2.2}) * (Y_{3.1} * Y_{3.2} * Y_{3.3}))$$

Hasil kombinasi *minimal cut set* pada pekerjaan X adalah 0.04088.



Gambar 4. Diagram FTA Pekerjaan Z

Berdasarkan gambar diatas dapat ditentukan persamaan sebagai berikut :

$$T = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4$$

$$P(T) = (P(Z_1) + P(Z_2) + P(Z_3) + P(Z_4)) - (P(Z_1 * Z_2 * Z_3 * Z_4))$$

$$= (P(Z_1) + ((P(Z_{2.1}) + P(Z_{2.2})) + ((P(Z_{3.1}) + P(Z_{3.2})) + P(Z_4)) - (P(Z_1 * (Z_{2.1} * Z_{2.2}) * (Z_{3.1} * Z_{3.2}) * Z_4))$$

Hasil kombinasi *minimal cut set* pada pekerjaan X adalah 0.010465.

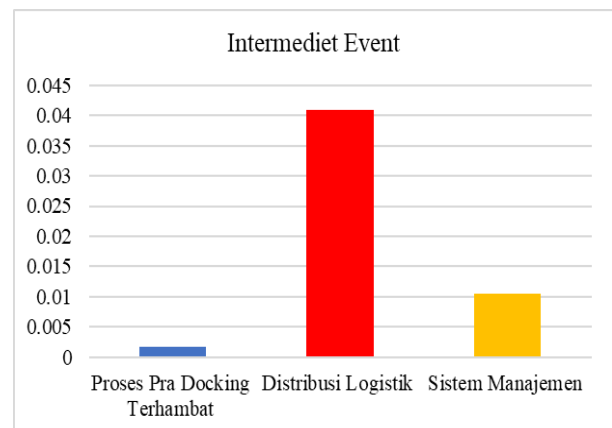
Jadi jumlah total probabilitas kombinasi *minimal cut set* untuk *Top Event* yaitu :

$$TE = X + Y + Z$$

$$= 0.001618 + 0.04088 + 0.010465$$

$$= 0.052963$$

Berdasarkan nilai *top event* tersebut sesuai dengan tabel indeks frekuensi maka *basic event* terjadi dalam rentang lima kali tiap kegiatan proyek reparasi. Sehingga *basic event* dalam kejadian tersebut masuk dalam kategori penilaian secara wajar yang terjadi pada tiap kegiatan proyek reparasi kapal.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Probabilitas *Minimal Cut Set*

Kegiatan Distribusi Logistik memiliki probabilitas lebih tinggi dari Proses Pra Docking dan Sistem Manajemen. Hal ini disebabkan proses perbaikan kapal meliputi berbagai macam hal mulai dari kegiatan pekerjaan hingga kegiatan penyediaan barang. Sehingga hal tersebut menghambat proses proyek perbaikan kapal.

Dari analisis *Fault Tree Analysis* dapat diketahui faktor utama dalam keterlambatan perbaikan kapal ini yaitu peralatan kerja yang terbatas dengan nilai probabilitas sebesar 0,008326 serta penggunaan peralatan tidak sesuai aturan dan melebihi batas dengan nilai probabilitas sebesar 0,009321. Setelah diketahui faktor penyebab keterlambatan proses reparasi kapal maka dilakukan penjadwalan untuk mengetahui alternatif yang dapat mengatasi keterlambatan proyek reparasi kapal tersebut.

3.2. Penjadwalan Proyek

Penjadwalan adalah mengalokasikan waktu yang tersedia untuk menyelesaikan pekerjaan, dengan mempertimbangkan kendala untuk mencapai hasil optimal.

Aktifitas pekerjaan yang terstruktur dapat membuat pekerjaan berjalan sesuai yang direncanakan. Dengan *software Microsoft Project* untuk penjadwalan ulang pekerjaan perbaikan kapal, setelah mengidentifikasi jenis pekerjaan kemudian menentukan *predecessor* untuk diinput sehingga akan diketahui pekerjaan yang memiliki jalur kritis.

Tabel 4. Pekerjaan Utama Perbaikan MT. Alice XXV

Aktivitas	Durasi (Hari)
Tunda Pandu, Tambat	1
Penyaluran Listrik	32
Pemadam	32
Alat Keselamatan	32
Pelayanan Crane Darat	18
Perancak	16
Cleaning	25
Perpipaan	19
Pompa-pompa	16
Copot Valve	4
Service Valve	3
Docking	1
Scrap Bottom	9
Blasting Bottop	9
UT	2
Replating	20
Service Sea Chest	12
Pasang Zinc Anoda	3
Cat Draft	2
Jangkar	7
Shafting	13
Propeller	16
Kemudi	9
Air Ballast	2
Undocking	1
Sea Trial	1

3.2.1. Critical Path Method

Metode jalur kritis digunakan untuk menentukan jalur tercepat dalam menjalankan suatu proyek, jalur ini tidak diberikan jeda waktu istirahat dalam pengerjaannya dengan mempertimbangkan durasi dan jumlah fleksibilitas jadwal.

Tabel 5. Ketergantungan dan Durasi Pekerjaan

Aktivitas	Durasi (Hari)	Ketergantungan
Tunda Pandu, Tambat	1	A (SS)
Penyaluran Listrik	32	A (SS)
Pemadam	32	A (SS)
Alat Keselamatan	32	A (SS)
Pelayanan Crane Darat	18	A
Perancak	16	A
Cleaning	25	A (FS1)
Perpipaan	19	A
Pompa-pompa	16	A (FS3)
Copot Valve	4	A (SS3)
Service Valve	3	J (FS1)
Docking	1	K (FS1)
Scrap Bottom	9	L (SS)
Pengecatan	9	L (SS)
UT	2	M (SS1) ; N (SS1)
Replating	20	O (SS-3)
Service Sea Chest	12	L
Pasang Zinc Anoda	3	L
Cat Draft	2	P (FS-2)
Jangkar	7	J
Shafting	13	L (SS) ; U (FS-2)
Propeller	16	V (SS)
Kemudi	9	W (SS)
Air Ballast	2	T (SS) ; S (SS+1)
Undocking	1	Y (FS-1)
Sea Trial	1	Z ; B (FF); C (FF); D (FF); E (FF); G (FF); I (FF); J (FF); Q (FF); X (FF)

3.2.2. Network Planning

Network planning pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (variabel) yang digambar atau divisualisasikan dalam *network diagram*. Penyusunannya dilakukan secara sistematis dengan menentukan *predecessor* dan *successor* tiap kegiatan.

Selanjutnya menentukan perhitungan *Early Start* (ES), *Early Finish* (EF), *Latest Start* (LS), *Latest Finish* (LF) terhadap semua pekerjaan dalam *network diagram* untuk

menghitung total *slack* sehingga didapatkan lintasan kritis.

Tabel 6. Perhitungan ES, EF, LS, LF

Aktivitas	ES	EF	LS	LF
Tunda Pandu, Tambat	0	1	0	1
Penyaluran Listrik	0	32	1	33
Pemadam	0	32	1	33
Alat Keselamatan	0	32	1	33
Pelayanan Crane Darat	1	19	15	33
Perancah	1	17	17	33
Cleaning	2	27	2	27
Perpipaan	1	20	14	33
Pompa-pompa	4	20	17	33
Copot Valve	3	7	3	7
Service Valve	8	11	8	11
Docking	12	13	12	13
Scrap Bottom	12	21	12	21
Blasting Bottop	12	21	12	21
UT	13	15	13	15
Replating	10	30	10	30
Service Sea Chest	13	25	21	33
Pasang Zinc Anoda	13	16	29	32
Cat Draft	28	30	28	30
Jangkar	7	14	15	22
Shafting	12	25	20	33
Propeller	12	28	17	33
Kemudi	12	21	24	33
Air Ballast	30	32	30	32
Undocking	31	32	31	32
Sea Trial	32	33	32	33

3.2.3. Pristiwa Kritis, Kegiatan Kritis, dan Lintasan Kritis

Peristiwa kritis adalah peristiwa yang tidak mempunyai tenggat waktu dimana saat paling awal (SPA) sama dengan saat paling akhir (SPL) atau $SPL - SPA = 0$.

Kegiatan kritis adalah kegiatan yang sensitif terhadap keterlambatan, sehingga apabila sebuah kegiatan kritis terlambat satu hari saja maka durasi proyek akan mengalami keterlambatan dari jadwal yang sudah direncanakan. Kegiatan kritis biasanya terletak diantara dua peristiwa kritis. Namun diantara dua peristiwa kritis belum tentu terdapat kegiatan kritis.

Lintasan kritis adalah jalur yang memiliki lintasan pelaksanaan paling panjang yang menentukan lamanya penyelesaian jaringan kerja. Dengan mengetahui lintasan kritis dapat ditentukan prioritas pekerjaan yang memiliki tingkat sensitifitas tinggi terhadap keterlambatan.

Tabel 7. Total Slack

Aktivitas	EF	LF	Slack
Tunda Pandu, Tambat	1	1	0
Penyaluran Listrik	32	33	1
Pemadam	32	33	1
Alat Keselamatan	32	33	1
Pelayanan Crane Darat	19	33	14
Perancah	17	33	16
Cleaning	27	27	0
Perpipaan	20	33	13
Pompa-pompa	20	33	13
Copot Valve	7	7	0
Service Valve	11	11	0
Docking	13	13	0
Scrap Bottom	21	21	0
Blasting Bottop	21	21	0
UT	15	15	0
Replating	30	30	0
Service Sea Chest	25	33	8
Pasang Zinc Anoda	16	32	16
Cat Draft	30	30	0
Jangkar	14	22	8
Shafting	25	33	8
Propeller	28	33	5
Kemudi	21	33	12
Air Ballast	32	32	0
Undocking	32	32	0
Sea Trial	33	33	0

Dari perhitungan diatas dapat dilihat bahwa jalur yang tidak memiliki *slack* atau memiliki nilai *slack* = 0 adalah jalur yang terdiri dari kegiatan A, G, J, K, L, M, N, O, P, S, X, Y, Z.

3.2.4. Produktivitas

Produktivitas merupakan perbandingan hasil produksi dengan total sumber daya yang diperlukan. Perhitungan ini dilakukan pada kegiatan di lintasan kritis.

$$\text{Produktivitas Harian Normal} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi (Hari)}}$$

Contoh perhitungan produktifitas harian normal pekerjaan lintasan kritis pada kegiatan replating:

Volume pekerjaan = 5932,31 kg

Durasi kegiatan = 20 hari

Produkt. Harian Normal = $\frac{5932,31 \text{ kg}}{20 \text{ hari}}$

= 296,62 kg/hari

Tabel 8. Perhitungan Produktifitas Normal Harian

Aktivitas	Volume	Durasi (Hari)	PHN
Tunda Pandu, Tambat	1	1	1
Cleaning	1301.44	25	52.06
Copot Valve	58	4	14.5
Service Valve	58	3	19.33
Docking	1	1	1
Scrap Bottom	2022	9	224.67
Blasting Bottop	435	9	48.33
UT	200	2	100
Replating	5932.31	20	296.62
Cat Draft	1	2	0.5
Air Ballast	1700	2	850
Undocking	1	1	1
Sea Trial	1	1	1

$$\text{Produktivitas Harian Perjam} = \frac{\text{Produktivitas Normal}}{\text{Jam Kerja Perhari}}$$

Contoh perhitungan produktifitas per jam pekerjaan kritis pada kegiatan replating:

Prod. Harian normal = 539,30 kg/hari

Jumlah jam kerja sehari = 7 jam

Prod. Per Jam = $\frac{539,30 \text{ kg}}{7 \text{ jam}}$

= 42,37 kg/jam

Tabel 9. Perhitungan Produktifitas Per Jam

Aktivitas	PHN	Jam Kerja	Prod. Perjam
Tunda Pandu, Tambat	1	7	0.14
Cleaning	52.06	7	7.44
Copot Valve	14.5	7	2.071
Service Valve	19.33	7	2.76
Docking	1	7	0.14
Scrap Bottom	224.67	7	32.1
Blasting Bottop	48.33	7	6.90
UT	100	7	14.29
Replating	296.62	7	42.37
Cat Draft	0.5	7	0.07
Air Ballast	850	7	121.43
Undocking	1	7	0.14
Sea Trial	1	7	0.14

3.2.5. Alternatif Percepatan Pekerjaan Proyek dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Salah satu alternatif percepatan penyelesaian proyek yaitu dengan menambah jam kerja (lembur). Jam kerja normal di PT. JMI adalah 08.00-16.00 dengan 7 jam kerja dan 1 jam istirahat pada 12.00-13.00, untuk penambahan jam kerja di PT. JMI yaitu 4 jam kerja (16.00-20.00).

Produktivitas percepatan dengan penambahan jam kerja dihasilkan dari perhitungan berikut:

$$\text{Prod. Percepatan Penambahan Jam Kerja} = \frac{\text{Prod. Normal} + (\text{Prod. Perjam} \times \text{Koef. Pengurangan Prod.} \times \text{Jam Lembur})}{\text{Jam Kerja}}$$

Contoh perhitungan produktivitas dengan penambahan jam kerja pada bagian lintasan kritis pada pekerjaan replating:

Prod. Harian Normal = 296,62 kg

Prod. Per jam normal = 42,37 kg

Koef. Pengurangan Prod. = 0,6

Durasi jam lembur = 4 jam

$$\begin{aligned} \text{Prod. Percepatan Penambahan Jam Kerja} &= \frac{296,62 \text{ kg} + (42,37 \text{ kg} \times 0,6 \times 4 \text{ jam})}{7 \text{ jam} + 4 \text{ jam}} \\ &= 398,31 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tabel 10. Perhitungan Percepatan Pekerjaan Kritis Penambahan Jam Kerja

Aktivitas	PHN	Prod. /Jam	Koef. (-) Prod	Jam Lembur	Prod. Perc.
Tunda Pandu, Tambat	1	0.14	0.6	4	1.34
Cleaning	52.06	7.43	0.6	4	69.91
Copot Valve	14.5	2.07	0.6	4	19.47
Service Valve	19.33	2.76	0.6	4	25.96
Docking	1	0.14	0.6	4	1.34
Scrap Bottom	224.67	32.1	0.6	4	301.69
Blasting Bottop	48.33	6.90	0.6	4	64.90
UT	100	14.29	0.6	4	134.29
Replating	296.62	42.37	0.6	4	398.31
Cat Draft	0.5	0.07	0.6	4	0.67
Air Ballast	850	121.43	0.6	4	1141.42
Undocking	1	0.14	0.6	4	1.34
Sea Trial	1	0.14	0.6	4	1.34

3.2.6. Alternatif Percepatan Pekerjaan Proyek dengan Penambahan Tenaga Kerja

Alternatif percepatan penyelesaian proyek lainnya yaitu dengan menambah tenaga kerja. Untuk penambahan tenaga kerja pada proyek perbaikan kapal diasumsikan sebesar 30% dari peningkatan produktivitas harian akibat penambahan jam kerja (lembur).

Peningkatan produktivitas harian normal akibat penambahan jam kerja (lembur) dihasilkan dari perhitungan berikut:

$$\frac{\text{Peningkatan Prod. Harian Akibat Penambahan Jam Kerja}}{\text{Prod. Normal}} = \frac{\text{Prod. Perc. Penambahan Jam Kerja} - \text{Prod. Normal}}{\text{Prod. Normal}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan produktivitas dengan peningkatan produktivitas akibat penambahan jam kerja (lembur) pada bagian lintasan kritis pada pekerjaan replating:

Prod. Setelah penambahan jam kerja = 385,60 kg
 Prod. Harian normal = 296,62 kg
 Peningkatan prod. Harian normal akibat penambahan jam kerja (lembur)

$$\text{Peningkatan Prod.} = \frac{385,60 - 296,62}{296,62} \times 100\% = 30\%$$

Untuk penambahan tenaga kerja didapatkan dari perhitungan berikut:

$$\text{Penambahan Tenaga Kerja} = 30\% \times \text{Tenaga Kerja Awal}$$

Contoh perhitungan penambahan tenaga kerja pada lintasan kritis pada pekerjaan replating:

$$\text{Penambahan TK} = 30\% \times 28 \text{ orang} = 8,4 \approx 8 \text{ orang}$$

Tabel 11. Penambahan Tenaga Kerja untuk Pekerjaan Kritis

Aktivitas	Peningkatan Prod.	TK Awal	Penambahan TK
Tunda Pandu, Tambat	0.3	1	0
Cleaning	0.3	2	1
Copot Valve	0.3	6	2
Service Valve	0.3	6	2
Docking	0.3	1	0
Scrap Bottom	0.3	8	2
Blasting Bottop	0.3	8	2
UT	0.3	2	1
Replating	0.3	28	8
Cat Draft	0.3	4	1
Air Ballast	0.3	2	1
Undocking	0.3	1	0
Sea Trial	0.3	1	0

Produktifitas harian setelah dilakukan penambahan tenaga kerja didapatkan dari perhitungan berikut:

$$\frac{\text{Produktifitas Setelah Penambahan Tenaga Kerja}}{\text{Prod. Normal}} = \text{Prod. Normal} + \frac{(\text{Prod. Normal} \times \text{Penambahan Tenaga Kerja})}{\text{Tenaga Kerja Awal}}$$

Contoh perhitungan produktivitas harian setelah dilakukan percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja pada bagian lintasan kritis pada pekerjaan replating

Prod. Harian normal = 296,62 kg
 Penambahan Tenaga Kerja = 8 orang
 Tenaga kerja awal = 28 orang

$$\text{Prod. Perc.} = 296,62 \text{ kg} + \left(\frac{296,62 \text{ kg} \times 8 \text{ orang}}{28 \text{ orang}} \right) = 381,36 \text{ kg}$$

Tabel 12. Produktivitas Percepatan Setelah Penambahan Tenaga Kerja

Aktivitas	PHN	Penam Bahan TK	TK Awal	Prod. Perc.
Tunda Pandu, Tambat	1	0	1	1
Cleaning	52.06	1	2	78.09
Copot Valve	14.5	2	6	19.33
Service Valve	19.33	2	6	25.78
Docking	1	0	1	1
Scrap Bottom	224.67	2	8	280.83
Blasting Bottop	48.33	2	8	60.42
UT	100	1	2	150
Replating	296.62	8	28	381.36
Cat Draft	0.5	1	4	0.63
Air Ballast	850	1	2	1275
Undocking	1	0	1	1
Sea Trial	1	0	1	1

3.2.7. Crash Duration dengan Alternatif Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Crash duration biasanya digunakan untuk mempercepat proyek agar selesai lebih singkat dengan memaksimalkan sumber daya dan waktu yang ada.

$$\text{Crash Duration Lembur} = \frac{\text{Volume}}{\text{Prod. Percepatan Lembur}}$$

Contoh perhitungan crash duration dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) pada bagian lintasan kritis pada pekerjaan replating:

Volume = 5932,31 kg
 Prod. Percepatan Lembur = 385,60 kg

$$\text{Crash Duration} = \frac{5932,31 \text{ kg}}{385,60 \text{ kg}} = 15,3 \approx 15 \text{ hari}$$

Tabel 13. *Crash Duration* Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Aktivitas	Volume	Prod. Perc.	Crash Duration
Tunda Pandu, Tambat	1	1.3	1
Cleaning	1301.44	67.67	19
Copot Valve	58	18.85	3
Service Valve	58	25.13	2
Docking	1	1.3	1
Scrap Bottom	2022	292.07	7
Blasting Bottop	435	62.83	7
UT	200	130	2
Replating	5932.31	385.60	15
Cat Draft	1	0.65	2
Air Ballast	1700	1105	2
Undocking	1	1.3	1
Sea Trial	1	1.3	1

3.2.8. *Crash Duration* dengan Alternatif Penambahan Tenaga Kerja

Perhitungan *crash duration* dengan alternatif penambahan tenaga kerja diperoleh dari perhitungan berikut:

$$\text{Crash Duration Penambahan Tenaga Kerja} = \frac{\text{Volume}}{\text{Prod. Perc. Penambahan TK}}$$

Contoh perhitungan *crash duration* dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) pada bagian lintasan kritis pada pekerjaan replating
 Volume = 5932,31 kg
 Prod. Percepatan Penambahan Pekerja = 381,36 kg

$$\text{Crash Duration} = \frac{5932,31 \text{ kg}}{381,36 \text{ kg}} = 15,5 \approx 16 \text{ hari}$$

Tabel 14. *Crash Duration* Penambahan Penambahan Tenaga Kerja

Aktivitas	Volume	Prod. Perc.	Crash Duration
Tunda Pandu, Tambat	1	1	1
Cleaning	1301.44	78.09	17
Copot Valve	58	19.33	3
Service Valve	58	25.78	2
Docking	1	1	1
Scrap Bottom	2022	280.83	7
Blasting Bottop	435	60.42	7
UT	200	150	1
Replating	5932.31	381.36	16
Cat Draft	1	0.63	2
Air Ballast	1700	1275	1
Undocking	1	1	1
Sea Trial	1	1	1

3.2.9. *Normal Cost*

Normal cost atau biaya normal adalah biaya yang dikeluarkan untuk menyelesaikan proyek pekerjaan sesuai dengan waktu normal yang meliputi biaya tenaga kerja dan biaya material yang digunakan. Dalam penelitian ini biaya tenaga kerja normal perhari diasumsikan Rp. 100.000,00.

Untuk Perhitungan *normal cost* didapat dari perhitungan berikut:

$$\text{Biaya Normal} = \frac{\text{Biaya Normal Harian} \times \text{Jumlah TK Awal} \times \text{Durasi Awal}}$$

Contoh perhitungan *normal cost* salah satu aktivitas lintasan kritis pada pekerjaan replating.

Biaya normal harian = Rp. 100.000,00

Jumlah Tenaga Kerja Awal = 28 orang

Durasi Awal = 20 hari

$$\text{Biaya Normal} = \text{Rp. } 100.000 \times 28 \text{ orang} \times 20 \text{ hari} = \text{Rp. } 56.000.000,00$$

Tabel 15. *Normal Cost* Pekerjaan Kritis

Aktivitas	BHN	TK Awal	Durasi	Biaya
Tunda Pandu, Tambat	Rp100,000	1	1	Rp100,000
Cleaning	Rp100,000	2	25	Rp5,000,000
Copot Valve	Rp100,000	6	4	Rp2,400,000
Service Valve	Rp100,000	6	3	Rp1,800,000
Docking	Rp100,000	1	1	Rp100,000
Scrap Bottom	Rp100,000	8	9	Rp7,200,000
Blasting Bottop	Rp100,000	8	9	Rp7,200,000
UT	Rp100,000	2	2	Rp400,000
Replating	Rp100,000	28	20	Rp56,000,000
Cat Draft	Rp100,000	4	2	Rp800,000
Air Ballast	Rp100,000	2	2	Rp400,000
Undocking	Rp100,000	1	1	Rp100,000
Sea Trial	Rp100,000	1	1	Rp100,000

3.2.10. *Crash Cost* dengan Alternatif Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Crash cost adalah total biaya yang dikeluarkan setelah melakukan percepatan suatu proyek pekerjaan. Salah satu penyebab perhitungan *crash cost* yaitu adanya penambahan jam kerja (lembur). Dalam hal ini penambahan jam kerja (lembur) yaitu selama 4 jam untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Besar biaya lembur yaitu sebesar Rp. 150.000,00.

Crash cost dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) diperoleh dari perhitungan berikut:

$$\text{Crash Cost Alternatif Lembur} = \frac{\text{Crash Cost Lembur} \times \text{Crash Duration Lembur}}{\text{Jumlah TK Awal}}$$

Contoh perhitungan *crash cost* salah satu aktivitas lintasan kritis pada pekerjaan replating
Crash cost lembur = Rp. 250.000,00
 Durasi lembur = 15 hari
 Jumlah tenaga kerja awal = 28 orang
Crash Cost = Rp. 250.000 x 15 hari x 28 orang
 = Rp. 105.000.00,00

Tabel 16. *Crash Cost* dengan Alternatif Penambahan Jam Kerja

Aktivitas	Cost Lembur	Crash Dur.	TK Awal	Crash Cost
Tunda Pandu, Tambat	Rp250,000	1	1	Rp250,000
Cleaning	Rp250,000	19	2	Rp9,500,000
Copot Valve	Rp250,000	3	6	Rp4,500,000
Service Valve	Rp250,000	2	6	Rp3,000,000
Docking	Rp250,000	1	1	Rp250,000
Scrap Bottom	Rp250,000	7	8	Rp14,000,000
Blasting Bottop	Rp250,000	7	8	Rp14,000,000
UT	Rp250,000	2	2	Rp1,000,000
Replating	Rp250,000	15	28	Rp105,000,000
Cat Draft	Rp250,000	2	4	Rp2,000,000
Air Ballast	Rp250,000	2	2	Rp1,000,000
Undocking	Rp250,000	1	1	Rp250,000
Sea Trial	Rp250,000	1	1	Rp250,000

3.2.11. *Crash Cost* dengan Penambahan Jumlah Tenaga Kerja

Crash cost dengan alternatif penambahan tenaga kerja dapat diperoleh dari perhitungan berikut:

$$\text{Crash Cost Alternatif Penambahan Tenaga Kerja} = \frac{\text{Upah Normal} \times \text{Jumlah Penambahan TK} \times \text{Crash Duration Akibat Penambahan TK}}{\text{Crash Duration Awal}}$$

Contoh perhitungan *crash cost* salah satu aktivitas lintasan kritis pada pekerjaan replating.
 Upah normal harian = Rp. 100.000,00
 Jumlah penambahan tenaga kerja = 8 orang
 Crash duration = 16 hari
Crash Cost = Rp. 100.000 x 8 orang x 16 hari
 = Rp. 12.800.000,00

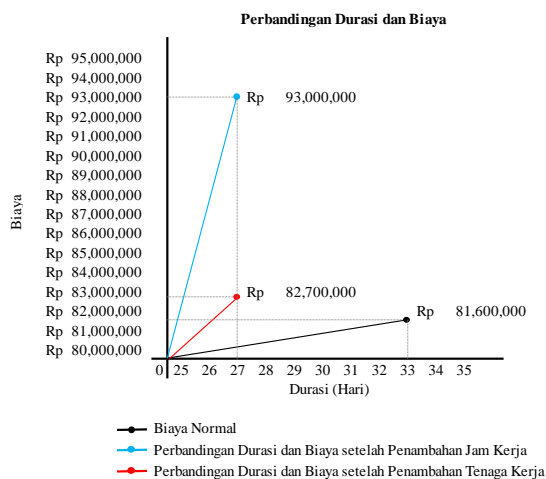
Tabel 17. *Crash Cost* dengan Alternatif Penambahan Tenaga Kerja

Aktivitas	Upah Normal	Penambahan TK	Crash Dur	Crash Cost
Tunda Pandu, Tambat	Rp100,000	1	1	Rp100,000
Cleaning	Rp100,000	3	17	Rp5,100,000
Copot Valve	Rp100,000	8	3	Rp2,400,000
Service Valve	Rp100,000	8	2	Rp1,600,000
Docking	Rp100,000	1	1	Rp600,000
Scrap Bottom	Rp100,000	10	7	Rp7,000,000
Blasting Bottop	Rp100,000	10	7	Rp7,000,000
UT	Rp100,000	3	1	Rp300,000
Replating	Rp100,000	36	16	Rp57,600,000
Cat Draft	Rp100,000	5	2	Rp1,000,000
Air Ballast	Rp100,000	3	1	Rp300,000
Undocking	Rp100,000	1	1	Rp100,000
Sea Trial	Rp100,000	1	1	Rp100,000

3.2.12. Hasil Analisa

Hasil analisa dengan *Critical Path Method* pada proyek reparasi MT. Alice XXV pada 13 aktivitas pekerjaan jalur kritis sebagai berikut:

- Total durasi normal dan biaya normal sebelum dilakukan percepatan pada aktivitas pekerjaan kritis:
 - Durasi Normal : 33 hari
 - Tenaga Kerja : 70 orang
 - Biaya Normal : Rp. 81.600.000
- Total durasi dan biaya setelah dilakukan percepatan dengan penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam:
 - Durasi Awal : 33 hari
 - Percepatan Durasi : 21,25% (27 hari)
 - Tenaga Kerja : 70 orang
 - Biaya Percepatan : Rp. 93.000.000
 - Peningkatan Biaya Proyek : 13,97 %
 - : Rp. 11.400.000
- Total durasi dan biaya setelah dilakukan percepatan dengan penambahan tenaga kerja:
 - Durasi Awal : 33 hari
 - Percepatan Durasi : 25% (27 hari)
 - Tenaga Kerja Awal : 70 orang
 - Penambahan Tenaga Kerja : 20 orang
 - Biaya Percepatan : Rp. 82.700.000
 - Peningkatan Biaya Proyek : 1,35%
 - : Rp. 1.100.000



Gambar 6. Perbandingan hubungan durasi dengan biaya normal dan setelah mengalami percepatan dengan alternatif penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja

3.2.13. Hubungan Hasil Analisis *Fault Tree Analysis* dengan *Critical Path Method*

Berdasarkan hasil analisa *fault tree analysis* faktor penyebab utama terjadinya keterlambatan proyek reparasi kapal yaitu peralatan kerja terbatas dan penggunaan peralatan yang tidak sesuai dengan aturan sehingga mengakibatkan kerusakan pada peralatan. Sesuai dengan analisis *critical path method* terdapat 13 kegiatan kritis dimana salah satu kegiatan yang paling banyak menggunakan peralatan yaitu kegiatan replating. Replating merupakan kegiatan yang paling lama mengalami keterlambatan.

Kegiatan replating yang semula direncanakan selesai dalam 11 hari namun dalam realisasi lapangan terselesaikan dalam 22 hari. Hal ini dikarenakan banyaknya pekerjaan sehingga penggunaan peralatannya tidak sesuai aturan dan berakibat pada kerusakan. Dan untuk memperbaiki peralatannya membutuhkan waktu yang cukup lama, akibatnya pekerjaan replating mengalami keterlambatan yang tidak sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada proyek reparasi MT. Alice XXV di PT. Janata Marina Indah Semarang. Terdapat nilai probabilitas tertinggi pada *basic event* berdasarkan perhitungan minimal *cut set* yaitu pada penggunaan peralatan yang berlebihan sehingga mengakibatkan peralatan tersebut rusak yaitu sebesar 0,009321. *Basic event* tersebut menjadi salah satu penyebab terbesar keterlambatan proyek reparasi kapal.

Percepatan dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam, mengalami percepatan durasi 21,25% atau 6 hari lebih cepat dari durasi normal 33 hari menjadi 27 hari dan penambahan biaya sebesar 13,97% yaitu Rp.

93.000.000,00. Sedangkan percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja mengalami percepatan durasi 25% atau 6 hari lebih cepat dari durasi normal 33 hari menjadi 27 hari dan penambahan biaya sebesar 1,35% yaitu Rp. 82.700.000,00.

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa opsi alternatif penambahan tenaga kerja lebih efektif digunakan sebagai alternatif untuk memperoleh percepatan durasi dan biaya optimal dibandingkan penambahan jam kerja lembur, dan biaya tambahan yang dikeluarkan juga tidak terlalu besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Mustholiq. Manajemen Perawatan Kapal. Semarang: CV. Oxy Consultant, 2019.
- [2] C. R. Griyantia, I. P. Mulyatno, And Kiryanto, "Studi Rancang *Reschedule* Pembangunan Kapal Baru Menggunakan Full Outfitting Block System (FOBS) dengan Project CPM pada Kapal LCT 200 GT," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 3, no. 4, pp. 546-556, 2015.
- [3] A. A. Rahmi., I. P. Mulyatno., And U. Budiarto., "Optimalisasi *Repair Schedule* SPOB. *Prosper Three* 3537 DWT Dengan Critical Path Method Guna Antisipasi Keterlambatan Proyek", *J. Tek. Perkapalan*, Vol. 8, No. 2, pp. 214-221, 2020.
- [4] D. Jenderal, "Analisis Penjadwalan Ulang Untuk Menekan Biaya Akibat Keterlambatan Proyek Pembangunan Kapal Patroli," *Kapal*, Vol. 11, No. 1, pp. 1-4, 2014.
- [5] E. A. Clifton. *Hazard Analysis Techniques for System Safety*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, 2005.
- [6] L. K. Padaga, I. Rochani, and Y. Mulyadi, "Penjadwalan Berdasarkan Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Reparasi Kapal: Studi Kasus MV. Blossom," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 7, no. 1, pp. 2337-3520, 2018.
- [7] E. R. Dwiano, I. P. Mulyatno, S. J. Sisworo, "Analisis Resiko pada Proses Bongkar Muat dengan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) di PT. JAYA ABADI MARITIM". *J. Tek. Perkapalan*, vol. 9, no. 2, pp. 162-172, 2021.
- [8] G. Regatama, W. Amiruddin, I. P. Mulyatno, "Analisis *Network Planning* Reparasi Kapal SPB TITAN 70 Dengan Metode *Critical Path Method*", *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 4, pp. 152-160, 2019.
- [9] Y. T. Andhani, I. P. Mulyatno, and A. W. B. Santos, "*Reschedule* Reparasi Kapal KN. KUMBA 470 DWT Dengan *Critical Path*

- Method* di Galangan Semarang”, *J. Tek. Perkapalan*, vol. 8, no. 3, pp. 231-238, 2020.
- [10] M. F. Fakhrija., I. P. Mulyatno., And A. F. Zakki, “Studi Penjadwalan Ulang Produktivitas, dan Alokasi Sumber Daya Manusia pada Pekerjaan Reparasi Kapal MT. Asumsi XXVI dengan *Network Planning* dan *Critical Path Method*”, *J. Tek. Perkapalan*, Vol. 8, No. 3, pp. 435-441, 2020.
- [11] F. Rohana, I. P. Mulyatno, and others, “Reschedule Reparasi KP. Hiu Macan-03 dengan *Critical Path Method*,” Tugas Akhir, Semarang: Universitas Diponegoro, 2021.
- [12] H. A. Rani, *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Deepublish, 2016.
- [13] Soeharto. *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)*. Jakarta: Erlangga. 1995.
- [14] B. Santosa. *Manajemen Proyek, Konsep, dan Implementasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2009.