



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Optimasi Percepatan Pada Proyek Reparasi KM Fajar Bahari V Dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off

- Fadri Prawiro Utomo Sadewo^{1*)}, Wilma Amiruddin¹⁾, Kiryanto¹⁾

Laboratorium Kapal – Kapal Kecil Perikanan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

*e-mail : fadjriprawiro@students.undip.ac.id

Abstrak

Pekerjaan proyek reparasi KM Fajar Bahari V menghabiskan durasi yang panjang karena keterlambatan pengadaan material serta kurang efektifnya kinerja dari para pekerja galangan tersebut sehingga membutuhkan perencanaan penjadwalan serta pengoptimalan waktu dan produktivitas kinerja. Penelitian ini bertujuan untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek dengan penambahan biaya yang optimum terhadap kegiatan yang dipercepat waktu pekerjaannya melalui penerapan alternatif percepatan. Metode Time Cost Trade Off (TCTO) digunakan sebagai solusi untuk mengatasi keterlambatan, yaitu metode penjadwalan proyek dengan melakukan pertukaran waktu dan biaya. Metode ini akan diterapkan pada reparasi Kapal KM Fajar Bahari V dengan alternatif percepatan yang diterapkan dengan menambah jam kerja dan menambah tenaga kerja. Hasil analisa dengan metode Time Cost Trade Off didapatkan hasil bahwa pada reparasi KM Fajar Bahari V dilakukan percepatan selama 6 hari, dari total durasi proyek yang rencananya selama 20 hari menjadi 14 hari dengan efisiensi waktu 30% dan penambahan biaya sebesar 0,58% yaitu Rp. 9.150.000,00

Kata Kunci : Produktivitas, Time Cost Trade Off, Waktu dan Biaya

1. PENDAHULUAN

Keberhasilan proyek dapat dikatakan dari dua aspek, yaitu manfaat yang diperoleh dan ketepatan waktu penyelesaian. Banyak cara untuk mencapai tujuan yang telah direncanakan, waktu merupakan salah satu poin penting dalam pelaksanaan proyek. Keberhasilan proyek tergantung pada apakah proyek selesai sesuai jangka waktu yang telah disepakati dalam kontrak. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk merumuskan rencana menyeluruh dalam mengantisipasi situasi sehingga proyek dapat dilanjutkan tanpa penundaan.

Perencanaan proyek perbaikan kapal masih sering terjadi masalah proses keterlambatan proyek reparasi kapal untuk menyelesaikan proyek reparasi kapal tersebut. Keterlambatan dikarenakan sering kali terjadi tidak sesuai antara penjadwalan reparasi kapal dengan keadaan yang terjadi di galangan, maka dari itu fungsi penjadwalan dalam perusahaan sangat berperan penting pada penyelesaian beberapa pekerjaan dalam rentang waktu yang berdekatan [1].

PT. X adalah perusahaan yang menyediakan jasa perawatan kapal keruk dan peralatan penunjang kapal lainnya yang berada di Jakarta. Perusahaan mengalami keterlambatan proyek perbaikan kapal dalam beberapa tahun terakhir, salah satunya merupakan KM Fajar Bahari V yang mengalami keterlambatan. Rencana semula adalah untuk memperbaiki kapal dalam waktu 20 hari, dan nilai kontraknya adalah Rp 1.558.584.500. Proyek tersebut mengalami keterlambatan dari rencana semula menjadi 26 hari, sehingga membengkak menjadi Rp 1.679.056.007.

Merujuk pada penelitian sebelumnya, berdasarkan hasil analisa proyek pembuatan kapal cepat rudal di divisi kapal perang PT.XYZ mendapatkan pengurangan hari sebesar 21 hari dari durasi normal 101 hari menjadi 80 hari dengan perubahan biaya proyek dari Rp.35.644.943.000 menjadi Rp.35.229.389.000 dengan pengurangan biaya sebesar Rp.415.554.000 dibandingkan biaya awal [2]. Hasil analisa menggunakan metode *Time Cost Trade Off* pada proyek pembangunan kapal kelas 1 kenavigasian bagian *Hull* dan *Outfitting* dilakukan percepatan selama 23 hari, dari total

durasi proyek yang normalnya selama 225 hari menjadi 201 hari. Untuk biaya proyek sebesar Rp.233.000.000.000 menjadi Rp.235.398.198.468 [3]. Hasil analisa proyek pembangunan Kapal Cargo RO-PAX 300 di PT. Adiluhung Sarana Segara Indonesia pada pekerjaan fabrikasi, *assembly*, dan *erection* mendapatkan pengurangan hari sebesar 142 hari dari durasi normal 285 hari menjadi 143 hari dengan perubahan biaya proyek akibat penambahan jam kerja dari biaya normal Rp. 41.895.000 menjadi Rp.69.825.000 dengan selisih biaya sebesar Rp.20.947.500 [4]. Hasil analisa menggunakan metode *Time Cost Trade Off* pada proyek pembangunan kapal kelas 1 kenavigasian bagian *Hull* dan *Outfitting* dilakukan percepatan selama 25 hari, dari total durasi proyek yang normalnya selama 225 hari menjadi 200 hari. Untuk biaya proyek sebesar Rp.233.000.000.000 menjadi Rp.234.889.654.211 [5].

Penelitian ini bertujuan untuk mempercepat durasi proyek dan biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek dan dapat mencegah atau mengantisipasi penundaan proyek dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off*.

Metode yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah penundaan dalam proyek reparasi kapal adalah dengan mempercepat dan mencapai target dan rencana yang telah disepakati pada awal antara galangan kapal dan pemilik kapal (*owner*) yaitu dengan metode *Time Cost Trade Off* dengan cara menambah jam kerja dan menambah tenaga kerja untuk mencegah penambahan waktu dan biaya yang akan menyebabkan perusahaan mengalami kerugian.

Berdasarkan pada kondisi yang telah disebutkan, penulis focus melaksanakan penelitian tentang “ Optimasi Percepatan pada Proyek Reparasi KM Fajar Bahari V dengan Menggunakan Metode *Time Cost Trade Off*”.

2. METODE

Metode penelitian adalah tindakan yang dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian tersebut. Penelitian ini menggunakan metode *Time Cost Trade Off* yang merupakan metode untuk mempercepat durasi proyek. Metode ini menentukan aktivitas kritis pekerjaan proyek dalam *time schedule*, kemudian menghitung produktivitas harian normal. Percepatan dapat dilakukan dengan 2 alternatif yaitu penambahan tenaga kerja atau penambahan jam kerja, dalam penelitian ini akan dilakukan percepatan dengan 2 alternatif tersebut. Setelah mendapat produktivitas harian normal, akan dilakukan perhitungan produktivitas penambahan tenaga kerja dan produktivitas penambahan jam kerja, kemudian

diperlukan menghitung *crash duration* karena meningkatnya produktivitas akan memerlukan durasi waktu yang lebih cepat dari sebelumnya. Kemudian menghitung biaya yang diperlukan untuk mempercepat proyek tersebut yang nantinya akan dibandingkan dengan biaya akhir aktual proyek.

2.1. Data Penelitian

Data yang dibutuhkan pada penelitian ini merupakan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan cara melakukan wawancara bersama para pelaku digalangan dan juga dengan melakukan survei langsung di lapangan. Data sekunder berupa *Repair list*, *time schedule* dan daftar harga tenaga yang didapat akan dilakukan analisa percepatan durasi. Pengolahan data dibantu menggunakan metode *Time Cost Trade Off* dengan alternatif penambahan jam kerja dan tenaga kerja pada bengkel *Outfitting*, Ukuran utama kapal yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal

No	Dimensi	Skala Penuh
1	LOA	109 m
2	Breadth	22,2 m
3	Height	6 m
4	Draft	4,4 m
5	Gt	8590 T
6	Nt	5971 T

2.2 Analisa *Time Cost Trade Off*

Time Cost Trade Off merupakan salah satu metode yang digunakan untuk melakukan percepatan durasi proyek. Dalam penyusunan *schedule* proyek kontruksi pembanguan kapal diharapkan data menghasilkan *schedule* yang realistis dengan estimasi yang wajar. Metode pertukaran waktu dan biaya (*Time Cost Trade Off*) melakukan kompresi pada durasi aktivitas dibantu penambahan variable tertentu (tenaga kerja, jam kerja, dll) dengan mengupayakan penambahan biaya agar seminimal mungkin.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

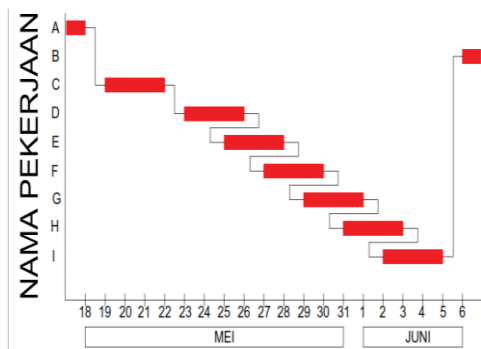
Data yang telah diperoleh baik itu data primer dan atau data sekunder selanjutnya dianalisa sehingga didapatkan hasil dan pembahasan. Berikut hasil dan pembahasan berdasarkan analisa yang dilakukan pada penelitian ini.

3.1 Menentukan Aktivitas Kritis

Lintasan kritis merupakan suatu lintasan terpanjang dalam hal waktu, diantara semua lintasan yang ada dalam *network diagram*. Lintasan ini berfungsi menentukan total durasi tercepat untuk menyelesaikan suatu kegiatan [6].

Langkah pertama dalam merencanakan penjadwalan adalah menentukan urutan antara aktivitas pada proyek dengan membuat hubungan aktivitas menggunakan software manajemen proyek yaitu *microsoft project*. Penggunaan *Microsoft project* ini bertujuan untuk memberikan visi dalam menyelesaikan proyek dengan waktu yang direncanakan serta ekonomis [7].

Detail Lintasan Kritis dapat dilihat pada gambar *schedule MS Project*. Bar berwarna merah menunjukkan bahwa pekerjaan tersebut dalam lintasan kritis bisa dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Lintasan Kritis Proyek

Jalur lintasan kritis terdapat aktivitas pekerjaan apabila pelaksanaannya terlambat akan menyebabkan proyek mengalami keterlambatan secara keseluruhan. Menentukan pekerjaan yang terdapat dalam jalur lintasan kritis diperlukan menghitung maju dan menghitung mundur untuk menentukan nilai ES,EF,LS, dan LF. Nilai-nilai tersebut sudah diketahui maka dapat menghitung total *slack time* tiap aktivitas kegiatan. Pekerjaan jalur kritis adalah pekerjaan yang memiliki nilai total *slack* = 0 [8]. Jalur kritis bisa dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Aktivitas yang terdapat pada jalur kritis durasi normal

Nama Pekerjaan	ES	EF	LS	LF	TF	Durasi (Hari)
a	0	1	0	1	0	1
b	1	5	1	5	0	4
c	5	9	5	9	0	4
d	7	11	7	11	0	4
e	9	13	9	13	0	4
f	11	15	11	15	0	4
g	13	17	13	17	0	4
h	15	19	15	19	0	4
i	19	20	19	20	0	1

Keterangan:

- a : Tug Boat Asistensi Kapal Masuk Dok
- b : Discrap , Water Jet & Cuci air tawar Keel - diatas garis air
- c : Lambung kapal di sanblasting keel sd Light Load Line
- d : Lambung Kapal di cat keel s/d Light Load Line
- e : Lambung kapal di sanblasting Light Load Line s/d diatas garis air
- f : Lambung kapal di cat Light Load Line s/d diatas garis air
- g : Lambung kapal di Sanblasting s/d diatas garis air sd Top Side
- h : Lambung Kapal di cat s/d diatas garis air s/d Top Side
- i : Tug Boat Asistensi Kapal Keluar Dok

Berdasarkan tabel 2 dan gambar 1 menunjukkan reparasi KM Fajar Bahari V terdapat 9 pekerjaan pada lintasan kritis yaitu aktivitas a-b-c-d-e-f-g-h-i.

3.2 Perhitungan Produktivitas Harian

Produktivitas merupakan perbandingan atau rasio antara output (yang dihasilkan) dengan input (sumber daya yang digunakan). Produktivitas harian normal didapat dari perhitungan rumus sebagai berikut:

$$PHN = \frac{Volume}{Durasi} \quad (1)$$

Contoh perhitungan produktivitas harian normal salah satu aktivitas pekerjaan pada bagian bengkel *Outfitting* pada pekerjaan Discrap , *Water Jet* & Cuci air tawar Keel – dll sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &\text{Produktivitas Harian Normal} \\ &= \frac{7537,21}{4} = 1884,30 \text{ m}^2/\text{hari} \end{aligned}$$

Perhitungan produktivitas harian normal setiap pekerjaan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Produktivitas Harian Normal bagian Bengkel *Outfitting*

Nama Pekerjaan	Volume Pekerjaan (m ²)	Durasi (Hari)	Produktivitas Harian Normal (m ²)
1	7537,21	4	1884,30
2	2169,19	4	542,30
3	6507,56	4	1626,89
4	173,86	4	43,47
5	521,58	4	130,40
6	341,12	4	85,28
7	1023,36	4	255,84

Keterangan:

- 1 : Discrap , Water Jet & Cuci air tawar Keel - diatas garis air
- 2 : Lambung kapal di sanblasting keel sd Light Load Line
- 3 : Lambung Kapal di cat keel s/d Light Load Line
- 4 : Lambung kapal di sanblasting Light Load Line s/d diatas garis air
- 5 : Lambung kapal di cat Light Load Line s/d diatas garis air
- 6 : Lambung kapal di Sanblasting s/d diatas garis air sd Top Side
- 7 : Lambung Kapal di cat s/d diatas garis air s/d Top Side

3.3 Alternatif Percepatan

Alternatif percepatan merupakan cara yang dilakukan dalam mempercepat durasi kegiatan dalam proyek agar dapat terselesaikan lebih cepat dibanding durasi normal yang telah ditetapkan untuk menghindari terjadinya keterlambatan penyelesaian proyek. Durasi kegiatan dapat dipersingkat dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja.

Berikut beberapa alternatif yang dilakukan untuk menyederhanakan proses percepatan :

3.4.1. Penambahan Jam Kerja

Alternatif penambahan jam kerja bisa digunakan untuk mempersingkat waktu selesainya proyek, tetapi juga harus disesuaikan dengan kebutuhan dan tenaga kerja.

Adapun ketetapan rencana pada alternatif penambahan jam kerja ini adalah Durasi atau waktu normal pada pengerjaan proyek ini ialah 8 jam per hari (08.00 – 17.00) dengan waktu istirahat selama 1 jam (12.00 – 13.00). Penambahan jam

kerja (lembur) dilakukan selama 4 jam kerja (17.00 – 21.00) setelah durasi kerja normal selesai. Namun bisa menyebabkan penurunan produktivitas sampai dengan 60% dari produktivitas jam kerja normal. Menurut Peraturan Pemerintah no 35 Tahun 2021, waktu jam lembur maksimal yaitu 4 jam dalam 1 hari. Untuk penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah perjam waktu normal dan penambahan jam kerja berikutnya maka pekerja akan mendapatkan 2 kali upah perjam waktu normal.

Penambahan jam kerja bagian bengkel *Outfitting* dihasilkan dari perhitungan sebagai berikut :

$$PPJK = PHN + (PNJ \times EP \times P JL) \quad (2)$$

Contoh perhitungan produktivitas setelah penambahan jam kerja (lembur) pada salah satu aktivitas bagian bengkel *Outfitting* pada pekerjaan Discrap , *Water Jet* & Cuci air tawar Keel – dll sebagai berikut :

$$= 1884,3 + (235,54 \times 0,6 \times 4) = 2449,59 \text{ m}^2 / \text{hari}$$

Perhitungan produktivitas *crashing* setelah penambahan jam kerja setiap pekerjaan dapat dilihat pada tabel 4 (untuk notasi 1-7, dapat dilihat pada keterangan tabel 3).

Tabel 4. Perhitungan Produktivitas *Crashing* Setelah Penambahan Jam Kerja (Lembur) bagian Bengkel *Outfitting*

A	B	C	D	E	F
1	1884,30	235,54	0,6	4	2449,59
2	542,30	67,79	0,6	4	704,99
3	1626,89	203,36	0,6	4	2114,96
4	43,47	5,43	0,6	4	56,50
5	130,40	16,30	0,6	4	169,51
6	85,28	10,66	0,6	4	110,86
7	255,84	31,98	0,6	4	332,59

Keterangan:

- A : Nama Pekerjaan
- B : Prod Harian Normal
- C : Prod Perjam Normal
- D : Koefisien Penurunan Produktivitas
- E : Durasi Jam Lembur
- F : Prod *Crashing* Jam Lembur

Berdasarkan tabel 4 hasil perhitungan produktivitas *crashing* setelah penambahan jam kerja mengalami kenaikan produktivitas setiap pekerjaan yang artinya ada kenaikan produktivitas setelah penambahan jam kerja dibanding produktivitas jam kerja normal.

3.4.2. Penambahan Tenaga Kerja

Durasi waktu dapat dipercepat dengan penambahan tenaga kerja, dengan adanya penambahan tenaga kerja diharapkan mampu menghasilkan proyek yang efisien.

Penambahan tenaga kerja bagian bengkel *Outfitting* dihasilkan dari perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Peningkatan produktivitas harian normal} \\ \text{akibat penambahan jam kerja} = \\ \text{TKP} = \text{TKN} \times 30 \% \end{aligned} \quad (3)$$

Contoh perhitungan produktivitas harian normal akibat penambahan jam kerja pada salah satu aktivitas bagian bengkel *Outfitting* pada pekerjaan *Discrap*, *Water Jet* & Cuci air tawar Keel – dll sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Peningkatan Produktivitas Harian Normal akibat} \\ \text{penambahan jam kerja} = \\ = \frac{2449,59 - 1884,3}{1884,3} \times 100\% = 30\% \\ \text{Penambahan Tenaga Kerja} \\ = 30\% \times \text{Tenaga Kerja Awal} \\ = 30\% \times 15 \text{ Orang} = 4,5 \approx 5 \text{ Orang} \end{aligned}$$

Perhitungan penambahan tenaga kerja setiap pekerjaan dapat dilihat pada tabel 5 (untuk notasi 1-7, dapat dilihat pada keterangan tabel 3).

Tabel 5. Penambahan Tenaga Kerja bagian Bengkel *Outfitting*

Nama Pekerja an	Prod Harian Normal (m ²)	Prod Crashing Jam Lembur (m ²)	Total Tenaga Kerja Awal (Orang)	Peningkatan Prod	Penambahan Tenaga Kerja (Orang)
1	1884,30	2449,59	15	30%	5
2	542,30	704,99	68	30%	20
3	1626,89	2114,96	23	30%	7
4	43,47	56,50	5	30%	2
5	130,40	169,51	2	30%	1
6	85,28	110,86	11	30%	3
7	255,84	332,59	4	30%	1

$$PPTK = \frac{PHN + (PHN \times TKP)}{TKN} \quad (4)$$

Keterangan :

- PHN = Produktifitas Harian Normal
- PNJ = Produktifitas Normal Per Jam
- PPJK = Produktifitas Percepatan Jam Kerja
- PPTK = Produktifitas Percepatan Tenaga Kerja
- EP = Efisiensi Produktifitas (60% = 0,6)
- PJL = Penambahan Jam Lembur (4 Jam)
- PPP = Presentase Peningkatan Produktifitas
- TKN = Tenaga Kerja Normal
- TKP = Tenaga Kerja Percepatan

Contoh perhitungan produktivitas setelah penambahan jam kerja (lembur) pada salah satu aktivitas bagian bengkel *Outfitting* pada pekerjaan *Discrap*, *Water Jet* & Cuci air tawar Keel – dll sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Setelah Penambahan Tenaga Kerja} \\ = 1884,3 + \frac{(1884,3 \times 5)}{15} \\ = 1884,3 + 628,1 = 2512,4 \text{ m}^2/\text{hari} \end{aligned}$$

Perhitungan produktivitas setelah penambahan tenaga kerja setiap pekerjaan dapat dilihat pada tabel 6 (untuk notasi 1-7, dapat dilihat pada keterangan tabel 3).

Tabel 6. Perhitungan Produktivitas *Crashing* setelah penambahan tenaga kerja bagian Bengkel *Outfitting*

Nama Pekerja an	Prod Harian Normal (m ²)	Total Tenaga Kerja Awal (Orang)	Penambahan Tenaga Kerja (Orang)	Prod Crashing Tenaga Kerja (m ²)
1	1884,30	15	5	2512,40
2	542,30	68	20	701,80
3	1626,89	23	7	2122,03
4	43,47	5	2	60,85
5	130,40	2	1	195,59
6	85,28	11	3	108,54
7	255,84	4	1	319,80

Berdasarkan tabel 6 hasil perhitungan produktivitas *crashing* setelah penambahan tenaga kerja mengalami kenaikan setiap pekerjaan yang artinya ada kenaikan setelah penambahan tenaga kerja dibanding dengan produktivitas harian normal dengan tenaga kerja awal.

3.4 Crash Duration

Crash Duration merupakan waktu paling singkat yang dibutuhkan untuk menyelesaikan

kegiatan proyek. Perhitungan *crash duration*, sebagai berikut :

$$\frac{\text{Volume}}{\text{Produktifitas Percepatan}} \quad (5)$$

Contoh perhitungan *Crash Duration* pada salah satu aktivitas bagian bengkel *Outfitting* pada pekerjaan Discrap , *Water Jet* & Cuci air tawar Keel – dll sebagai berikut :

$$\text{Crash Duration} = \frac{7357,21}{2449,59+2512,4} = 1,52 \approx 2 \text{ Hari}$$

Perhitungan *crash duration* setiap pekerjaan dapat dilihat pada tabel 7 (untuk notasi 1-7, dapat dilihat pada keterangan tabel 3).

Tabel 7. Perhitungan *Crash Duration* bagian Bengkel *Outfitting*

Nama Pekerjaan	Volume Pekerjaan (m ²)	Prod Crashing Jam Lembur (m ²)	Prod Crashing Tenaga Kerja (m ²)	CD (Hari)
1	7537,21	2449,59	2512,40	2
2	2169,19	704,99	701,80	2
3	6507,56	2114,96	2122,03	2
4	173,86	56,50	60,85	1
5	521,58	169,51	195,59	1
6	341,12	110,86	108,54	2
7	1023,36	332,59	319,80	2

Berdasarkan tabel 7 hasil perhitungan *crash duration* setelah dilakukan penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja dapat mempercepat durasi proyek sebesar 6 hari.

3.5 Crash Cost

Crash Cost adalah biaya yang dikeluarkan secara langsung untuk menyelesaikan aktivitas dengan durasi waktu yang dilakukan percepatan [9]. Biaya ini dikeluarkan setelah dilakukan percepatan. Pada tugas akhir ini terdapat 2 alternatif yang dilakukan, yaitu penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja.

Perhitungan *Crash Cost* disebabkan oleh adanya penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja di setiap pekerjaan. Perhitungan mendapatkan nilai *crash cost*, sebagai berikut :

$$\text{Total CC} = \text{CC Jam Kerja} + \text{CC Tenaker} \quad (6)$$

Contoh perhitungan *Crash Cost* pada salah satu aktivitas bagian bengkel *Outfitting* pada pekerjaan Discrap , *Water Jet* & Cuci air tawar Keel – dll sebagai berikut :

$$\text{Crash Cost} = \text{Rp. } 4.500.000 + \text{Rp. } 6.000.000 = \text{Rp. } 10.500.000$$

Perhitungan *crash cost* setiap pekerjaan dapat dilihat pada tabel 8 (untuk notasi 1-7, dapat dilihat pada keterangan tabel 3).

Tabel 8. Perhitungan Total *Crash Cost* bagian bengkel *Outfitting*

Nama Pekerjaan	Crash Cost Tenaga Kerja (Rp)	Crash Cost Jam Kerja (Rp)	Total Crash Cost (Rp)
1	4500000	6000000	10500000
2	20400000	26400000	46800000
3	6900000	9000000	15900000
4	750000	1050000	1800000
5	300000	450000	750000
6	3300000	4200000	7500000
7	1200000	1500000	2700000

Berdasarkan tabel 8 hasil perhitungan *crash cost* setelah dilakukan penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja maka didapat biaya akhir proyek bagian bengkel *outfitting* sebesar Rp.85.950.000 .

3.6 Cost Slope

Cost Slope adalah penambahan biaya langsung yang dikeluarkan dalam mengurangi durasi dari tiap aktivitas pekerjaan didefinisikan sebagai *cost slope* [10]. Perhitungan *Cost Slope* , sebagai berikut :

$$\text{Cost Slope} = \frac{CC - NC}{ND - CD} \quad (7)$$

Contoh perhitungan *Cost Slope* pada salah satu aktivitas bagian bengkel *Outfitting* pada pekerjaan Discrap , *Water Jet* & Cuci air tawar Keel – dll sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Cost Slope} &= \frac{\text{Rp. } 10.500.000 - \text{Rp. } 9.000.000}{4 - 2} \\ &= \frac{\text{Rp. } 1.500.000}{2} = \text{Rp. } 750.000 / \text{Hari} \end{aligned}$$

Perhitungan *cost slope* setiap pekerjaan dapat dilihat pada tabel 9 (untuk notasi 1-7, dapat dilihat pada keterangan tabel 3).

Tabel 9. Perhitungan *Cost Slope* bagian Bengkel *Outfitting*

Nama Pekerjaan	<i>Cost Slope</i> (Rp)
1	750000
2	3000000
3	1050000
4	-400000
5	-150000
6	450000
7	150000

Berdasarkan tabel 9 hasil perhitungan *cost slope* setelah dilakukan penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja maka didapat penambahan biaya langsung yang dilakukan setiap pekerjaan.

3.7 Hasil Analisa *Time Cost Trade Off*

Hasil Analisa *Time Cost Trade Off* dilakukan dengan alternatif penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja pada kegiatan pekerjaan yang terdapat pada jalur lintasan kritis bagian bengkel *Outfitting*, dengan hasil durasi percepatan dan biaya optimal yang diperoleh sebagai berikut :

1) Total biaya normal dan durasi normal pekerjaan sebelum percepatan:

Total Biaya Normal Rp. 1.558.584.500,00

Total Durasi Normal 20 Hari

2) Total Biaya dan waktu setelah percepatan akibat penambahan jam kerja (lembur) dan tenaga kerja pekerjaan Bengkel *Outfitting* :

Total Biaya Percepatan Rp. 1.567.734.500,00

Total Durasi Percepatan 14 Hari

Tabel 10. Total *Crash Duration* dan *Crash Cost* bagian Bengkel *Outfitting*

Nama Pekerjaan	ND	CD	NC (Rp)	CC (Rp)
1	4	2	9000000	10500000
2	4	2	40800000	46800000
3	4	2	13800000	15900000
4	4	1	3000000	1800000
5	4	1	1200000	750000
6	4	2	6600000	7500000
7	4	2	2400000	2700000
Total			76800000	85950000

Berdasarkan tabel 10 hasil perhitungan *Crash Duration* dan *Crash Cost* setelah dilakukan penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja dapat mempercepat durasi proyek sebesar 6 hari dan penambahan biaya total sebesar Rp.9.150.000.

Proyek ini mengalami keterlambatan waktu dan menyebabkan pembengkakan biaya yang dikarenakan factor administrasi perusahaan yang mengakibatkan terlambatnya suplai material, *force majeure* di bagian bengkel *Outfitting*. Penelitian ini melakukan validasi hasil perhitungan dengan aktual yang ada di galangan. Perhitungan ini menggunakan metode *Time Cost Trade Off* dengan penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja lebih efisien dari segi waktu sebesar 30% dan dari segi biaya sebesar 0,58% karena hasil perhitungan rencana proyek yang di galangan selesai dengan durasi 20 hari dengan biaya total sebesar Rp.1.558.584.500, Sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa percepatan dengan metode *Time Cost Trade Off* dapat meminimalisir adanya keterlambatan pekerjaan [11].

4. KESIMPULAN

Hasil dan kesimpulan yang diperoleh setelah dilakukan pengolahan data reparasi KM Fajar Bahari V ialah hasil waktu dan biaya optimum dari perhitungan *crashing project* dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off* akibat penambahan Jam Kerja (Lembur) dan tenaga kerja pada Proyek reparasi KM Fajar Bahari V hasil percepatan waktu sebesar 6 hari dari *normal duration* 20 hari menjadi 14 hari dengan efisiensi waktu 30 % dan penambahan biaya sebesar 0,58 % yaitu Rp. 9.150.000,00 sehingga didapat biaya total sebesar Rp.1.567.734.500,00, sedangkan total biaya pada durasi normal Rp.1.558.584.500,00.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Ahola and A. Davies, "Insights for the governance of large projects : Analysis of Organization Theory and Project Management: Administering Uncertainty in Norwegian Offshore Oil by Stinchcombe and Heimer," *Int J. Manag. Proj. Bus.*, vol. 5, no. 4, pp. 661-679, 2012.
- [2] A. Firmansyah, "Penjadwalan Proyek Pembuatan Lambung Kapal Cepat Rudal dengan Critical Path Method Di Divisi Kapal Perang PT.XYZ," *Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi UPN Jatim*, vol. 1, pp. 1-11, 2020.
- [3] Fadllan, "Analisis Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan Kapal : Studi Kasus Pembangunan Kapal Kelas I

Kenavigasian di Galangan Kapal Batam, Kepulauan Riau," *Jurnal ITS*, 2017.

Modifikasi Desain Bottom Keel," *J. Teknik Perkapalan* , vol. 9, no. 3, 2021.

- [4] M. Nabilah, "Analisa Biaya dan Waktu Project Crashing Pada Pembangunan Kapal Baru," in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VI*, Surabaya, 2018.
- [5] A. Muharani, "Optimasi Percepatan Proyek Pembangunan Kapal Kelas I Kevanigasian dengan Metode Pendekatan Analisa Time Cost Trade Off," *J Teknik Perkapalan*, vol. 8, no. 3, 20 Agustus 2020.
- [6] Ahmadi, Suparno, O. S. Suharyo and A. D. Susanto, "Time Scheduling and Cost of the Indonesian Navy Ship Development Project Using Network Diagram And Earned Value Method (EVM) (Case Study Of Fast Missile Boat Development)," *International Journal of ASRO*, vol. 9, pp. 87-106, 2018.
- [7] P. M. Wale, N. D. Jain, N. R. Godhani, S. R. Beniwal and A. A. Mir, "Planning and Schedulling of Project using Microsoft Project (Case Study of a Building in India)," *IOSJR Journal Of Mechanical and Civil Engineering*, vol. 12, no. 3, pp. 57-63, 2015.
- [8] C. Angelia, I. P. Mulyatno and D. Chrismianto, "Analisa Crashing Project Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Pada Pembangunan Mooring Boat Milik PT.Pertamina Trans Kontinental Akibat Modifikasi Desain Bottom Keel," *J Teknik Perkapalan*, vol. 9, no. 3, 2021.
- [9] J. S. T. Hutapea, I. P. Mulyatno and P. Manik, "Studi Penjadwalan Ulang Pekerjaan Reparasi Pada Kapal MV.AWU dengan Network Diagram Dan Critical Path Method (CPM)," *J. Teknik Perkapalan*, vol. 8, no. 4, 2020.
- [10] M. Eirgash and V. Togan, "Time Cost Trade Off Optimization Using Siemen's Effective Cost Slope Merhod," in *12th International Congress on Advances in Civil Engineering*, Istanbul, 2019.
- [11] S. A. K. Prabani, "Analisa Crashing Project Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Pada Pembangunan Mooring Boat Milik PT. Pertamina Trans Kontinental Akibat