



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Analisa Penerapan Metode *Time Cost Trade Off* dalam Optimasi Proyek Reparasi Kapal MT Poka Jo

Stefanus Victorino Candra Wijaya<sup>1\*)</sup>, Hartono Yudo<sup>1)</sup>, Imam Pujo Mulyanto<sup>1)</sup>

Laboratorium Kapal – kapal Kecil dan Perikanan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

<sup>\*)</sup>e-mail : [svictorinocw26@student.undip.ac.id](mailto:svictorinocw26@student.undip.ac.id)

### Abstrak

Metode *Time Cost Trade Off* merupakan metode yang digunakan untuk melakukan percepatan penyelesaian suatu proyek dengan penambahan biaya yang optimum. Metode ini menghasilkan analisa dari percepatan jadwal proyek yang dapat dilakukan dengan penambahan sumber daya, perlengkapan, jam lembur, dll. Proses percepatan dilakukan dengan mempertimbangkan keseimbangan antara waktu, biaya dan kualitas pekerjaan. Namun, tidak menutup kemungkinan sebuah proyek tetap dapat mengalami keterlambatan seperti proyek reparasi kapal MT Poka Jo yang disebabkan oleh keterlambatan material. Pelaksanaan penelitian dimaksudkan untuk mempersingkat waktu penyelesaian proyek dengan memperhatikan perubahan biaya proyek. *Time Cost Trade Off method* dengan alternatif penambahan jam lembur serta tenaga kerja pada lintasan kritis dapat digunakan untuk menanggulangi keterlambatan. Hasil analisa pada penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *Time Cost Trade Off method* dengan alternatif penambahan jam lembur selama 1 jam serta tenaga kerja sebanyak 11% merupakan opsi yang paling optimal karena dapat mempercepat durasi proyek sebanyak 15 hari yang semulanya 65 hari, dan pengurangan biaya sebanyak Rp 1.441.500 dari biaya awal proyek.

**Kata Kunci :** Lintasan Kritis, Produktivitas, Percepatan Durasi, *Time Cost Trade Off*

### 1. PENDAHULUAN

Galangan kapal merupakan industri esensial yang berperan untuk menunjang perekonomian dan kesejahteraan rakyat Indonesia sebagai negara maritim. Galangan berfungsi sebagai tempat pelaksanaan proyek pembangunan, perbaikan dan perawatan kapal[1]. Proyek reparasi dan perawatan kapal perlu dilaksanakan secara berkala guna menjamin keamanan dan performa sebuah kapal. Galangan diharuskan mampu memenuhi faktor yang menjadi tuntutan pemilik kapal dalam menjalankan sebuah proyek seperti kecepatan, biaya, serta kualitas pekerjaan[2].

Proyek memerlukan sebuah perencanaan dan penjadwalan yang sistematis. Proyek dapat dikatakan berhasil apabila tujuan akhir dapat tercapai tepat waktu, pengeluaran biaya untuk pengadaan sumber daya serta pelaksanaan proyek sesuai dengan estimasi, dan kualitas yang diharapkan dapat terpenuhi[3].

Tetapi, tidak menutup kemungkinan suatu proyek dapat mengalami keterlambatan karena adanya faktor – faktor tertentu seperti cuaca ekstrim, kesalahan atau keterlambatan material,

penambahan item pekerjaan, dan lain - lain[4]. Alternatif dan solusi percepatan dengan pertimbangan biaya dan kualitas pengerjaan perlu diterapkan guna mencapai waktu penyelesaian proyek yang sesuai dengan perencanaan awal.

*Time Cost Trade Off method* merupakan salah satu solusi yang mampu mengatasi keterlambatan suatu proyek. *Time Cost Trade Off method* bertujuan untuk menganalisis sejauh mana suatu proyek dapat dipersingkat tanpa menyebabkan peningkatan dana yang signifikan[5].

Meninjau dari hasil analisa metode *Time Cost Trade Off* pada percepatan proyek yang beralternatifkan penambahan lembur selama 3 jam pada pembangunan gedung pemerintahan di Pasuruan, proyek dapat dipercepat sebanyak 8 hari dengan penambahan biaya sebesar 1,26% dari biaya awal[6]. Merujuk pada penerapan metode *Time Cost Trade Off* dalam mempersingkat durasi proyek reparasi kapal KT Tirtayasa II, penambahan lembur selama 3 jam dapat mempersingkat durasi proyek sebesar 15 hari serta penambahan biaya sebanyak 0,53% [7]. Pada penelitian *mooring boat*, penambahan jam lembur selama 4 jam

menghasilkan percepatan selama 5 hari dan terhindar dari denda keterlambatan kontrak [8]. Pada penjadwalan reparasi kapal KMP Tribuana I dan MT Bulue Star 5, penambahan 3 orang tenaga kerja menghasilkan percepatan sebanyak 40,28% dengan penambahan biaya sebesar 12,15%, sedangkan penambahan 3 jam lembur dapat mempercepat durasi sebesar 18,75% dengan peningkatan biaya sebesar 15,08% [9]. Merujuk pada analisa percepatan dengan penambahan 4 jam lembur serta tenaga kerja sebanyak 30% pada proyek reparasi KM Fajar Bahari V, menunjukkan terjadinya percepatan selama 6 hari yang semula 20 hari, dan penambahan biaya sebanyak 0,58% dari biaya awal [10].

Berdasarkan penjelasan di atas, pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan analisa percepatan waktu penyelesaian proyek reparasi kapal MT Poka Jo yang mengalami keterlambatan dan diharapkan dapat menekan biaya penyelesaian proyek. Analisa menggunakan *Time Cost Trade Off method* dibantu *Microsoft Project* dengan alternatif penambah jam lembur dan tenaga kerja agar mendapatkan durasi penyelesaian yang optimal dengan penambahan biaya minimal sehingga terhindar dari ketelambatan.

## 2. METODE

### 2.1. Objek Penelitian

Pada penelitian tugas akhir ini, objek yang digunakan adalah proyek reparasi kapal MT Poka Jo. Proyek ini dijadwalkan selesai selama 65 hari berdasarkan kontrak yang sudah disetujui, namun proyek mengalami keterlambatan sehingga durasi pengerjaan perlu dilakukan percepatan dengan memperhatikan perubahan biaya proyek. Analisa dilakukan pada data *Repair List*, *Time Schedule*, dan daftar biaya tenaga kerja menggunakan metode *Time Cost Trade Off*. Percepatan durasi proyek dilakukan dengan penambahan jam lembur serta penambahan tenaga kerja. Ukuran utama kapal yang dijadikan objek penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal

No	Nama	Ukuran
1.	Length Over All	66,10 m
2.	Length Of Water Line	64,15 m
3.	Breadth	10,00 m
4.	Height	4,50 m
5.	Deadweight	1281 ton

### 2.2. Metode *Time Cost Trade Off*

Metode *Time Cost Trade Off* berguna dalam mempercepat durasi pengerjaan sebuah proyek dengan pengurangan durasi yang optimal serta mengupayakan penambahan biaya seminimal mungkin. Metode ini diterapkan dengan

melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam sebuah proyek yang dipusatkan pada pekerjaan di jalur kritis, dengan proses yang sistematis dan analitis[11]. Alternatif percepatan dalam metode ini menggunakan penambahan jam kerja dan tenaga kerja.

### 2.3. Langkah Penelitian

Analisa percepatan durasi proyek dilakukan dengan menentukan urutan aktivitas pekerjaan serta penyusunan *network diagram* dan kemudian menentukan jalur kritis. Perhitungan produktivitas, *normal duration* dan *normal cost* pada jalur kritis yang kemudian dilakukan *crashing* dengan alternatif penambahan jam kerja dan tenaga kerja. *Crash duration* digunakan untuk menentukan nilai *crash cost* dan *cost slope*. Menentukan durasi dan biaya yang paling optimum setelah dilakukan percepatan dengan penambahan alternatif dengan penerapan metode *Time Cost Trade Off*.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengumpulan, pengolahan serta proses analisa data diatas, didapatkan hasil penelitian sebagai berikut :

### 3.1. Penyusunan Urutan Aktivitas

Penyusunan urutan aktivitas pekerjaan berguna untuk mengetahui urutan pekerjaan dari awal hingga akhir, sehingga dapat membantu menentukan pekerjaan mana saja yang perlu didahulukan. Penyusunan setiap pekerjaan dilakukan dengan menentukan *predecessor* dan *successor*. *Predecessor* merupakan pekerjaan yang diselesaikan sebelum pekerjaan selanjutnya dimulai, sedangkan *successor* merupakan pekerjaan yang dilakukan setelah pekerjaan yang bersangkutan terjadi.

Penyusunan urutan aktivitas dibantu dengan *software Microsoft Project* dimana program ini berfungsi untuk melakukan perencanaan, pebgelolaab, dan pengawasan data dari suatu proyek agar proyek tersebut dapat terselesaikan tepat waktu [12].

### 3.2. Lintasan Kritis

Lintasan kritis merupakan jalur yang berisi aktivitas yang jika terlambat akan mempengaruhi proyek secara keseluruhan. Langkah pertama dalam menentukan lintasan kritis adalah penentuan urutan aktivitas pekerjaan, dilanjutkan dengan perhitungan maju dan mundur untuk menentukan nilai ES (*Earliest Start Time*), EF (*Earliest Finish Time*), LS (*Latest Start Time*) dan LF (*Latest Finish Time*)[13]. Setelah nilai - nilai tersebut sudah diketahui, maka jumlah *slack* tiap pekerjaan dapat dihitung. Pekerjaan yang memiliki jumlah *slack* =

0 (nol) merupakan pekerjaan yang terdapat pada jalur lintasan kritis. Pada proyek reparasi kapal MT Poka Jo terdapat X pekerjaan yang berada dalam jalur lintasan kritis yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pekerjaan pada Jalur Lintasan Kritis

No.	Nama Pekerjaan	EF	LF	TF
1.	Docking	1	1	0
2.	Scrabing	4	4	0
3.	Sand Blasting	6	6	0
4.	Ultra Sonic Test	7	7	0
5.	Replating Double Bottom	14	14	0
6.	Replating Lambung	25	25	0
7.	Penggantian Nama Kapal dan Selempang	32	32	0
8.	Replating Pondasi Winch Haluan Kanan Kiri	37	37	0
9.	Penggantian Kampas Rem Winch Kanan Kiri	40	40	0
10.	Rekonstruksi Deck Depan Kiri pada Bagian Poop Deck	45	45	0
11.	Penggantian Tali Labrang Tiang Mest Top Deck	48	48	0
12.	Stay Bulwark Forecastle Kanan Kiri	51	51	0
13.	Perbaikan Pintu Emergency	55	55	0
14.	Perbaikan Relling	58	58	0
15.	Pengecatan Super Structure	61	61	0
16.	Pembuatan Docking Report	62	62	0
17.	Undocking	63	63	0
18.	Sea Trial	65	65	0

### 3.3 Perhitungan Produktivitas Harian

Produktivitas merupakan nilai perbandingan antara volume pekerjaan dengan sumber daya yang berada pada jalur lintasan kritis. Produktivitas harian normal dapat diketahui dari rumus :

$$\text{Produktivitas Harian} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Durasi normal}} \quad (1)$$

Besar produktivitas harian untuk setiap pekerjaan yang berada dalam jalur lintasan kritis dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Besar Produktivitas Harian

No	Volume	Durasi (Hari)	Prod. Harian	Prod. Perjam
1	1	1	1	0,125
2	1	3	0,34	0,042
3	176	2	88	11
4	96	1	96	12
5	4678,3	7	668,33	83,55
6	1469,2	11	133,56	16,7
7	45,2	7	6,46	0,81
8	60	5	12	1,5
9	2	3	0,67	0,084
10	2	5	0,4	0,05
11	30	3	10	1,25

12	6	3	2	0,25
13	101,8	4	25,45	3,19
14	26,5	3	8,84	1,1
15	56,78	3	18,93	2,37
16	1	1	1	0,13
17	1	1	1	0,13
18	1	2	0,5	0,06

### 3.4 Normal Cost

*Normal cost* merupakan biaya yang dikeluarkan untuk menyelesaikan pekerjaan dengan durasi waktu normal. Besar nilai *normal cost* dapat diketahui dengan :

$$\text{Normal Cost} = \text{Normal Cost Tenaga Kerja} \times \text{Normal Duration} \times \text{Tenaga Kerja} \quad (2)$$

Besar *normal cost* untuk tiap pekerjaan pada lintasan kritis dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Besar Nilai *Normal Cost* Pekerjaan pada Lintasan Kritis

No	TKN	Durasi (Hari)	Biaya Harian	Normal Cost
1	5	1	100.000	500.000
2	1	3	120.000	360.000
3	1	2	200.000	400.000
4	1	1	100.000	100.000
5	2	7	100.000	1.400.000
6	3	11	100.000	3.300.000
7	1	7	100.000	700.000
8	1	5	100.000	500.000
9	3	3	100.000	900.000
10	2	5	100.000	1.000.000
11	1	3	100.000	300.000
12	1	3	100.000	300.000
13	1	4	100.000	400.000
14	1	3	100.000	300.000
15	2	3	120.000	720.000
16	1	1	100.000	100.000
17	5	1	100.000	500.000
18	6	2	100.000	1.200.000

### 3.5 Alternatif Percepatan

Alternatif percepatan merupakan cara yang dilakukan dalam mempercepat durasi sebuah proyek guna menghindari terjadinya keterlambatan penyelesaian proyek tersebut. Durasi proyek dapat dipercepat dengan alternatif penambahan jam kerja dan tenaga kerja.

Berikut penerapan alternatif percepatan pada penelitian ini :

#### 3.5.1 Penambahan jam kerja

Penambahan jam kerja merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mempercepat durasi pengerjaan suatu proyek. Durasi normal pada proyek ini ialah 8 jam per hari (08.00 – 17.00)

dengan waktu istirahat selama 1 jam (12.00 – 13.00). Penambahan jam kerja dilakukan sebanyak 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam. Penambahan jam kerja menyebabkan penurunan produktivitas dari masing - masing jam menjadi sebanyak 90%, 80%, 70%, dan 60% dari produktivitas jam normal.

Nilai produktivitas setelah penambahan jam kerja didapatkan dengan rumus :

$$\text{Prod. Penambahan Jam Kerja} = \text{Prod. Harian normal} + (\text{Prod. Per Jam Normal} \times \text{Koef. Pengurangan Prod.} \times \text{Durasi Jam Lembur}) \quad (3)$$

Besar nilai produktivitas harian setelah penambahan jam kerja pada setiap pekerjaan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan Produktivitas Harian Setelah Penambahan Jam Kerja pada Lintasan Kritis

No	PJN	Prod. Penambahan Jam Kerja			
		1 jam	2 jam	3 jam	4 jam
1	0,125	1	1	1	1
2	0,042	0,37	0,4	0,42	0,43
3	11	97,9	105,6	111,1	114,4
4	12	96	96	96	96
5	83,55	743,5	802	843,8	868,83
6	16,7	148,6	160,3	168,6	173,64
7	0,81	7,19	7,75	8,16	8,4
8	1,5	13,36	14,4	15,15	15,6
9	0,084	0,75	0,8	0,85	0,87
10	0,05	0,45	0,48	0,5	0,52
11	1,25	11,13	12	12,63	13
12	0,25	2,23	2,4	2,53	2,6
13	3,19	28,32	30,54	32,14	33,09
14	1,1	9,83	10,6	11,16	11,49
15	2,37	21,06	22,72	23,9	24,6
16	0,13	1	1	1	1
17	0,13	1	1	1	1
18	0,06	0,5	0,5	0,5	0,5

### 3.5.2 Penambahan tenaga kerja

Durasi proyek dapat dipercepat dengan penambahan tenaga kerja, diharapkan penerapan alternatif ini mampu meningkatkan efisiensi penyelesaian proyek. Penambahan tenaga kerja dalam penelitian ini diasumsikan berdasar atas perubahan produktivitas harian yang disebabkan oleh penambahan jam kerja selama 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam per hari.

Nilai peningkatan produktivitas harian akibat jam kerja didapat dari persamaan berikut :

$$(\text{Prod. Penambahan Jam Kerja} - \text{Prod. Harian normal}) / \text{Prod. Harian Normal} \quad (4)$$

Nilai produktivitas setelah penambahan tenaga kerja didapatkan melalui persamaan :

$$\text{Prod. Penambahan Jam Kerja} = \text{Prod. Harian normal} + (\text{Prod. Harian Normal} \times \text{Tenaga Kerja Tambahan}) / \text{Tenaga Kerja Normal} \quad (5)$$

Perhitungan untuk produktivitas setelah penambahan tenaga kerja pada tiap pekerjaan dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Produktivitas Harian Setelah Penambahan Tenaga Kerja pada Lintasan Kritis

No	PHN	Prod. Penambahan Tenaga Kerja			
		11%	20%	26%	30%
1	1	1	1	1	1
2	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
3	88	88	88	88	88
4	96	96	96	96	96
5	668,3	668,3	668,3	1002,5	1002,5
6	133,5	133,57	178,1	178,1	178,1
7	6,46	6,46	6,46	6,46	6,46
8	12	12	12	12	12
9	0,67	0,67	0,88	0,88	0,88
10	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6
11	10	10	10	10	10
12	2	2	2	2	2
13	25,45	25,45	25,45	25,45	25,45
14	8,84	8,84	8,84	8,84	8,84
15	18,93	18,93	18,93	28,4	28,4
16	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1
18	0,5	0,58	0,58	0,67	0,67

### 3.6 Crash Duration

*Crash duration* merupakan waktu penyelesaian suatu pekerjaan yang telah dipersingkat. Adanya peningkatan produktivitas menghasilkan durasi penyelesaian suatu pekerjaan menjadi lebih cepat. Perhitungan *crash duration* didapat dari :

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{PPJK} + \text{PPTK}} \quad (6)$$

Besar nilai *crash duration* tiap pekerjaan pada lintasan kritis dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan *Crash Duration* dengan Penambahan Jam Kerja dan Tenaga Kerja pada Lintasan Kritis

No	Volume	CD 1	CD 2	CD 3	CD 4
1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1
3	176	1	1	1	1
4	96	1	1	1	1
5	4678,3	3	3	3	3
6	1469,2	5	4	4	4
7	45,2	3	3	3	3
8	60	2	2	2	2
9	2	1	1	1	1
10	2	2	2	2	2
11	30	1	1	1	1
12	6	1	1	1	1

13	101,8	2	2	2	2
14	26,5	1	1	1	1
15	56,78	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1

### 3.7 Crash Cost

*Crash cost* adalah besar biaya untuk menyelesaikan pekerjaan dalam durasi waktu yang telah dipersingkat. *Crash cost* dikeluarkan akibat adanya percepatan dengan penambahan jam kerja dan tenaga kerja.

#### 3.7.1 Crash Cost Alternatif Penambahan Jam Kerja

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 35/2021 Pasal 31 dijelaskan bahwa perusahaan yang mempekerjakan pekerja/buruh melebihi waktu kerja sebagaimana dimaksud dalam Pasal 21 ayat (2) wajib membayar Upah Kerja Lembur dengan ketentuan[14]:

- Jam kerja lembur pertama sebesar 1,5 kali upah sejam.
- Setiap jam kerja lembur berikutnya, sebesar 2 kali upah sejam.

Tabel 8. Besar Biaya Lembur Penambahan Jam untuk Tiap Pekerjaan

No	Biaya Lembur			
	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam
1	18.750	43.750	68.750	93.750
2	22.500	52.500	82.500	112.500
3	37.500	87.500	137.500	187.500
4	18.750	43.750	68.750	93.750
5	18.750	43.750	68.750	93.750
6	18.750	43.750	68.750	93.750
7	18.750	43.750	68.750	93.750
8	18.750	43.750	68.750	93.750
9	18.750	43.750	68.750	93.750
10	18.750	43.750	68.750	93.750
11	18.750	43.750	68.750	93.750
12	18.750	43.750	68.750	93.750
13	18.750	43.750	68.750	93.750
14	18.750	43.750	68.750	93.750
15	22.500	52.500	82.500	112.500
16	18.750	43.750	68.750	93.750
17	18.750	43.750	68.750	93.750
18	18.750	43.750	68.750	93.750

Berkaitan dengan penjelasan diatas, nilai *crash cost* dengan alternatif penambahan jam kerja dapat diketahui dengan rumus berikut :

$$\text{Crash Cost Lembur} = \text{Biaya Lembur Harian} \times \text{Crash Duration} \times \text{Jumlah Tenaga Kerja Normal} \quad (7)$$

Tabel 9. Besar Nilai *Crash Cost* Penambahan Jam Kerja

No	Crash Cost Penambahan Jam Kerja			
	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam
1	93.750	218.750	343.750	468.750
2	22.500	52.500	82.500	112.500
3	37.500	87.500	137.500	187.500
4	18.750	43.750	68.750	93.750
5	112.500	262.500	412.500	562.500
6	281.250	525.500	825.000	1.125.000
7	56.250	131.250	206.250	281.250
8	37.500	43.750	137.500	187.500
9	56.250	87.500	206.250	281.250
10	75.000	131.250	275.000	375.000
11	18.750	43.750	68.750	93.750
12	18.750	43.750	68.750	93.750
13	37.500	87.500	137.500	187.500
14	18.750	43.750	68.750	93.750
15	45.000	218.750	165.000	225.000
16	18.750	43.750	68.750	93.750
17	93.750	218.750	343.750	468.750
18	112.500	262.500	412.500	562.500

#### 3.7.2 Crash Cost Alternatif Penambahan Tenaga Kerja

Nilai *crash cost* dengan alternatif penambahan tenaga kerja dapat diketahui dengan rumus berikut :

$$\text{Crash Cost Tenaga Kerja Perhari} = \text{Normal Cost Tenaga Kerja Harian} \times \text{Crash Duration} \times \text{Jumlah Tenaga Kerja Tambahan} \quad (8)$$

Besar nilai *crash cost* penambahan tenaga kerja tiap pekerjaan dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Besar Nilai *Crash Cost* Penambahan Tenaga Kerja

No	Crash Cost Penambahan Tenaga Kerja			
	11%	20%	26%	30%
1	500.000	500.000	500.000	500.000
2	120.000	120.000	120.000	120.000
3	200.000	200.000	200.000	200.000
4	100.000	100.000	100.000	100.000
5	600.000	600.000	900.000	900.000
6	1.500.000	1.600.000	1.600.000	1.600.000
7	0	0	0	0
7	300.000	300.000	300.000	300.000
8	200.000	200.000	200.000	200.000
9	300.000	400.000	400.000	400.000
10	400.000	400.000	600.000	600.000
11	100.000	100.000	100.000	100.000
12	100.000	100.000	100.000	100.000
13	200.000	200.000	200.000	200.000
14	100.000	100.000	100.000	100.000
15	240.000	240.000	360.000	360.000
16	100.000	100.000	100.000	100.000
17	500.000	500.000	500.000	500.000
18	700.000	700.000	800.000	800.000

Setelah mendapatkan besar *crash cost* dari kedua alternatif, selanjutnya ditentukan besar total *crash cost* dengan menjumlahkan *crash cost* alternatif penambahan jam lembur dengan *crash cost* alternatif penambahan tenaga kerja

Tabel 11. Total Nilai *Crash Cost* pada Pekerjaan Lintasan Kritis

No	CC 1	CC 2	CC 3	CC 4
1	593.750	718.750	843.750	968.750
2	142.500	172.500	202.500	232.500
3	237.500	287.500	337.500	387.500
4	118.750	143.750	168.750	193.750
5			1.312.50	1.462.50
	712.500	862.500	0	0
6	1.781.25	2.125.00	2.425.00	2.725.00
	0	0	0	0
7	356.250	431.250	506.250	581.250
8	237.500	287.500	337.500	387.500
9	356.250	531.250	606.250	681.250
10	475.000	575.000	875.000	975.000
11	118.750	143.750	168.750	193.750
12	118.750	143.750	168.750	193.750
13	237.500	287.500	337.500	387.500
14	118.750	143.750	168.750	193.750
15	285.000	345.000	525.000	585.000
16	118.750	143.750	168.750	193.750
17	593.750	718.750	843.750	968.750
18			1.212.50	1.362.50
	812.500	962.500	0	0

### 3.8 Cost Slope

*Cost Slope* didefinisikan sebagai besar penambahan biaya yang harus dikeluarkan untuk mengurangi durasi dari tiap pekerjaan[15]. Nilai *cost slope* pada tiap pekerjaan dapat diketahui dengan :

$$Cost\ Slope = \frac{Crash\ Cost - Normal\ Cost}{Normal\ Duration - Crash\ Duration} \quad (9)$$

Besar masing-masing nilai *cost slope* tiap pekerjaan dengan alternatif penambahan jam kerja dan tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Besar Nilai *Cost Slope* Pada Pekerjaan Jalur Kritis

No	CS 1	CS 2	CS 3	CS 4
1	-	-	-	-
2	-108750	-93750	-78750	-63750
3	-162500	-112500	-62500	-12500
4	-	-	-	-
5	-171875	-134375	-21875	15625
6	-253125	-167857	-125000	-82142.9
7	-85937.5	-67187.5	-48437.5	-29687.5
8	-87500	-70833.3	-54166.7	-37500
9	-271875	-184375	-146875	-109375
10	-175000	-141667	-41666.7	-8333.33
11	-90625	-78125	-65625	-53125
12	-90625	-78125	-65625	-53125
13	-81250	-56250	-31250	-6250

14	-90625	-78125	-65625	-53125
15	-217500	-187500	-97500	-67500
16	-	-	-	-
17	-	-	-	-
18	-387500	-237500	12500	162500

### 3.9 Hasil Analisa

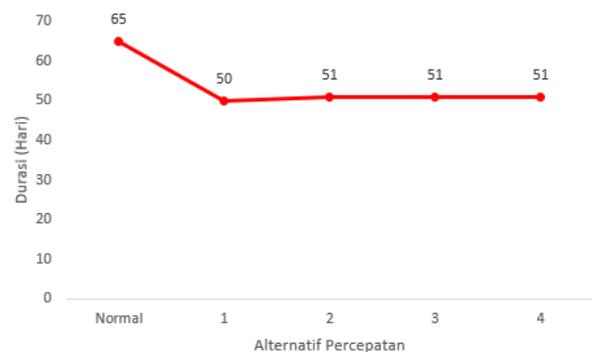
Analisa *Time Cost Trade Off method* dengan alternatif penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja pada proyek reparasi kapal MT Poka Jo memperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 13. Analisa Percepatan Durasi

Lembur	Durasi	Tenaga Kerja Tambahan	Perubahan Biaya
Normal	65 Hari	0	0
1 Jam	50 Hari	1	- Rp 1.441.500
2 Jam	51 Hari	3	- Rp 997.500
3 Jam	51 Hari	7	- Rp 470.000
4 Jam	51 Hari	7	- Rp 119.500

Penambahan jam kerja selama 1 jam dan penambahan tenaga kerja sebanyak 11% menghasilkan percepatan durasi 15 hari dari durasi normal 65 hari menjadi 50 hari serta pengurangan biaya sebesar Rp 1.441.500 atau sekitar 11,1% dari biaya normal. Penambahan jam kerja selama 2 jam dan tenaga kerja sebanyak 20% menghasilkan percepatan waktu sebesar 14 hari dari durasi normal, sehingga menjadi 51 hari dan biaya proyek berkurang sebanyak Rp 997.500 atau sekitar 7,69%. Penambahan jam kerja selama 3 jam dan penambahan tenaga kerja sebanyak 26% menghasilkan percepatan waktu sebanyak 14 hari dari durasi awal menjadi 51 hari dengan pertambahan biaya sebesar Rp 470.000 atau sama sekitar 3,63%. Percepatan dengan penambahan waktu selama 4 jam dan penambahan tenaga kerja sebanyak 30% menghasilkan percepatan sebanyak 14 hari dari durasi awal, dan besar perubahan biaya sebesar Rp 119.500 atau 0,92% dari biaya normal.

Besar perbandingan waktu proyek sebelum dan sesudah dipercepat terdapat pada gambar 1.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Durasi Normal dan Setelah Percepatan

Besar perbandingan biaya proyek reparasi kapal MT Poka Jo sebelum dan sesudah dipercepat dapat dilihat pada gambar gambar 2.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Biaya Normal dan Setelah Percepatan

#### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan yang dilakukan pada proyek reparasi kapal MT Poka Jo menggunakan metode *Time Cost Trade Off*, dapat disimpulkan alternaif yang paling optimal untuk menyelesaikan proyek adalah dengan penambahan jam kerja selama 1 jam dan penambahan tenaga kerja sebanyak 11% karena dihasilkan durasi total yang paling efisien dan tidak bertambahnya biaya proyek. Durasi total proyek keseluruhan yang semula 65 hari menjadi 50 hari, 23% lebih efisien dibanding durasi awal, dengan pengurangan buaya sebesar Rp 1.441.500, atau sekitar 11,1% dari biaya semula Rp 12.980.000 menjadi Rp 11.538.500.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Anbar Sari, R. Mutia Aprilia, Rizwan, Muhammad, and O. Kandi, "Manajemen Galangan Kapal Perikanan Di Desa Lampulo, Banda," *Jurnal Kelautan dan Perikanan Indonesia*, vol. 1, no. 3, pp. 151–156, Dec. 2021.
- [2] Ir. Iman Soeharto, *Manajemen Proyek Jilid 1 (Dari Konseptual sampai Operasional)*. Jakarta: Erlangga, 1999.
- [3] N. Sitanggang, S. Janner, and P. L. A. Luthan, *Pengantar Konsep Manajemen Proyek Untuk Teknik*. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2019.
- [4] B. B. Setiawan, "Analisis Pertukaran Waktu Dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off ( TCTO ) Pada Proyek Pembangunan Gedung Di Jakarta," *J. Konstr.*, vol. 4, no. 1, 2012.
- [5] C. T. Hendrickson and A. Tung, "Project Management for Construction: Fundamental Concepts for Owners," 2000.
- [6] Y. Azzahra, Lusiana, and Rafie, "Time Cost

Trade Off Analysis on Project Acceleration with Additional Working Hours (Overtime) (Case Study: Building Rehabilitation Project on Dekranasda Hall Of West Kalimantan," 2021.

- [7] C. T. T. Dewi, I. P. Mulyatno, dan P. Manik, "Analisis Percepatan Proyek Reparasi Kapal KT Tirtayasa II Terhadap Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off," *Jurnal Teknik Perkapalan.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–15, 2022.
- [8] C. Angelia, I. P. Mulyatno, dan D. Crishmianto, "Aplikasi Metode Time Cost Trade Off Akibat Keterlambatan Bagian Mesin Pada Proyek Pembangunan Mooring Boat Milik PT. Pertamina Trans Kontinental", *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol.9, no.3, pp. 277- 283, Juli 2021.
- [9] D. Asfala, I. P. Mulyatno, dan P. Manik, "Optimasi Reschedule Reparasi Kapal KMP. Tribuana 1 dan MT. Bulue Star 5 menggunakan Metode Time Cost Trade Off dengan 8 Variasi Crashing Berbasis CPM," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 17, no. 2, 2022.
- [10] F. P. U. Sadewo, W. Amiruddin, dan Kiryanto, "Optimasi Percepatan Pada Proyek Reparasi KM Fajar Bahari V Dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off", *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol.10, no.2, pp. 77-84, April 2022.
- [11] E. Wulfarm I, *Teori Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. 2004.
- [12] A . F. Setiawan, *Smart Project Plan With Microsoft Office Project 2007*. 2008.
- [13] A. Maddeppungeng and I. Suryani, "Analisis Optimasi Biaya Dan Waktu Dengan Metode TCTO (Time Cost Trade Off)," *Fondasi J. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, 2015.
- [14] Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2021 Tentang Perjanjian Kerja Waktu Tertentu, Alih Daya, Waktu Kerja dan Waktu Istirahat, dan Pemutusan Hubungan Kerja, no. 086142. 2021, p. 42.
- [15] M. Eirgash and V. Toğan, "Time-Cost Trade-Off Optimization Using Siemens's Effective Cost Slope Method," in *12th International Congress on Advances in Civil Engineering*, 2019.