



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Aplikasi Metode *Time Cost Trade Off* Akibat Keterlambatan Bagian Mesin Pada Proyek Pembangunan *Mooring Boat* Milik PT. Pertamina Trans Kontinental

Christine Angelia<sup>1)\*</sup>, Imam Pujo Mulyatno<sup>1)</sup>, Deddy Chrismianto<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 : [christineangelia@student.undip.ac.id](mailto:christineangelia@student.undip.ac.id)

### Abstrak

Hal penting dalam pengerjaan proyek adalah waktu, biaya dan mutu proyek. Hal tersebut harus terpenuhi agar proyek dapat berjalan sesuai dengan yang telah direncanakan. Namun dalam pelaksanaannya tidak menutup kemungkinan terjadi keterlambatan akibat beberapa faktor. Proyek pembangunan *mooring boat* 11,3 DWT milik PT. Pertamina Trans Kontinental diambil menjadi studi kasus karena dalam proyek ini terdapat keterlambatan. Untuk menanggulangi keterlambatan dilakukan perhitungan *network planning* yang dilanjutkan dengan analisa *Time Cost Trade Off Method*. Berdasarkan data serta analisa yang telah dilakukan pada pekerjaan *machinery part* yang berada pada jalur lintasan kritis utama didapatkan percepatan durasi selama 5 hari sehingga total durasi pengerjaan proyek keseluruhan menjadi 180 hari dari durasi normal 185 hari. Pada bagian *machinery part* dilakukan analisa *Time Cost Trade Off Method* pada 10 pekerjaan salah satunya pekerjaan Loading Main Engine yang didapatkan produktivitas harian normal sebesar 0,5 set/hari. Dengan penambahan durasi lembur selama 4 jam didapatkan koefisien penurunan produktivitas sebesar 0,6 sehingga produktivitas setelah penambahan jam lembur menjadi 0,65 set/hari sehingga terjadi percepatan durasi pengerjaan *machinery part* selama 5 hari dari durasi normal 59 hari menjadi durasi yang dipercepat 54 hari. Selain itu terdapat penambahan biaya sebesar 200% atau dua kali lipat dari biaya normal akibat penambahan biaya lembur.

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

### 1. PENDAHULUAN

Industri galangan kapal sekarang ini banyak dituntut untuk memenuhi kebutuhan pasar akibat peningkatan kebutuhan atas transportasi laut. Salah satunya yaitu peningkatan dalam pembangunan kapal baru. Selain itu industri galangan juga dituntut untuk mampu memenuhi kriteria yang menjadi pertimbangan *owner* dalam memilih galangan seperti harga jual, ketepatan dan kecepatan galangan dalam memproduksi kapal serta memiliki kualitas sumber daya manusia yang baik [1].

Waktu, biaya dan mutu menjadi hal yang penting dalam mengerjakan suatu proyek, salah satunya dalam proyek pembangunan kapal. Proyek dikatakan berhasil apabila ketiga hal tersebut dapat berjalan sesuai rencana. Untuk memaksimalkan ketiga hal tersebut dibuat suatu perencanaan yang sistematis dalam proyek pembangunan kapal.

Dalam merencanakan proyek pembangunan kapal diperlukan penyusunan jadwal dan estimasi biaya. Penjadwalan menjadi hal yang penting yang harus dilakukan dalam mengerjakan proyek pembangunan kapal. Di dalam penjadwalan tersusun durasi tiap pekerjaan, urutan pengerjaan tiap pekerjaan sehingga dapat diketahui waktu awal dan berakhirnya suatu proyek, sehingga dapat dipastikan waktu pengerjaan proyek berjalan sesuai dengan kontrak yang telah disepakati atau lebih cepat sehingga anggaran biaya yang dikeluarkan menjadi berkurang.

Namun dalam pelaksanaannya tidak menutup kemungkinan terjadi beberapa keterlambatan dalam proyek akibat pengaruh cuaca, kesalahan spesifikasi material, keterlambatan material, perubahan desain dan lain-lain [2]. Kemungkinan tersebut mengharuskan pihak galangan mencari solusi dan alternatif lain

untuk mempercepat waktu pengerjaan proyek. Dalam mempercepat waktu pengerjaan harus diperhatikan perubahan biaya dan menjaga mutu agar tetap baik.

Metode yang bisa digunakan dalam mengatasi keterlambatan adalah *Time Cost Trade Off Method*. *Time Cost Trade Off Method* adalah suatu proses yang analitik dan sistematis dengan dilakukannya pengujian dari pekerjaan yang berada pada jalur lintasan kritis [3]. Metode ini bertujuan untuk menganalisis berapa banyak durasi pengerjaan dapat dipersingkat dilihat dari penambahan biaya yang terendah pada kegiatan yang dapat dipersingkat waktu pengerjaannya [4].

Merujuk pada penelitian sebelumnya, penelitian yang dilakukan pada proyek pembangunan Rusun 1 Kota Samarinda didapat besar durasi dipersingkat adalah 12 hari dan total biaya penambahan akibat percepatan adalah Rp. 784.568.000,00 dengan penambahan jam lembur selama 1 jam pada 7 pekerjaan [5]. Selain itu, pada proyek pembangunan Gedung Indonesia durasi proyek menjadi 242 hari dan total biaya proyek menjadi Rp. 10.481.732.644,58 dengan menambahkan jam lembur sedangkan dengan menambahkan jumlah tenaga kerja durasi proyek menjadi 243 hari dengan total biaya proyek menjadi Rp. 10.482.934.084,43 [6]. Sedangkan pada analisa proyek pembangunan Prasarana Pengendali Banjir didapatkan pengurangan durasi proyek sebanyak 57 hari sehingga durasi proyek menjadi 139 hari dari 196 hari dan total biaya proyek berubah menjadi Rp. 16.133.558.292,57 dari biaya awal Rp. 16.371.654.833,56 dengan menambahkan jam kerja sebanyak 1 jam [7]. Pada dunia maritim, *Time Cost Trade Off Method* juga dapat digunakan sebagai alternatif dalam mengatasi keterlambatan dalam pembangunan kapal. Berdasarkan penelitian pada proyek pembangunan Kapal Kelas I Kenavigasian bagian *Hull & Outfitting* setelah dilakukan percepatan dapat mempercepat waktu pengerjaan sebanyak 25 hari dengan penambahan biaya proyek sebesar Rp. 724.654.211,10 [8].

Berdasarkan penjelasan di atas, pada penelitian tugas akhir ini, akan dilakukan percepatan durasi pengerjaan proyek dengan metode *Time Cost Trade Off* dibantu dengan *software Microsoft Project* pada pembangunan *mooring boat* milik PT Pertamina Trans Kontinental dengan alternatif penambahan jam lembur yang diharapkan akan didapat waktu pengerjaan yang optimal dengan peningkatan biaya yang rendah sehingga dapat memberikan keuntungan baik bagi pihak galangan maupun pihak *owner*.

## 2. METODE

### 2.1. Objek Penelitian

Objek penelitian yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah proyek pembangunan *mooring boat* milik PT. Pertamina Trans Kontinental dengan dilakukan analisa menggunakan *Time Cost Trade Off Method*. Proyek pembangunan *mooring boat* mengalami keterlambatan hingga 185 hari dimana dalam kontrak tersebut proyek kelar dalam waktu 180 hari sehingga akan dilakukan percepatan durasi pengerjaan dengan melihat peningkatan biaya yang minimum. Analisa dilakukan pada data *time schedule* dan daftar harga tenaga kerja. Pengurangan durasi proyek dilakukan dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur). Besar ukuran utama kapal yang dijadikan objek penelitian terdapat pada tabel 1.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal

No	Nama	Ukuran
1.	Length Over All	7,22 ton
2.	Length Of Water Line	6,94 m
3.	Breadth (Moulded)	2,70 m
4.	Height (Moulded)	1,8 m
5.	Draught (Hull)	1,2 m
6.	Speed Max	7,00 knots
7.	Main Engine	170 HP
8.	Crews	2 person

### 2.2. Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian tugas akhir ini terbagi menjadi dua berupa data primer dan data sekunder untuk mendukung analisa yang akan dilakukan. Pengumpulan data dilakukan dengan :

- 1) Melakukan observasi dan diskusi langsung kepada pihak galangan untuk pengambilan data berupa data *time schedule* pembangunan *mooring boat* milik PT. Pertamina Trans Kontinental, daftar harga tenaga kerja, daftar tenaga kerja serta volume pekerjaan.
- 2) Pencarian data pendukung berupa jurnal, buku dan data-data penelitian sebelumnya guna menunjang penelitian.

### 2.3. Pengolahan Data

Untuk melakukan analisa percepatan durasi proyek dilakukan percepatan pada pekerjaan yang terdapat pada jalur lintasan kritis dan memiliki *cost slope* yang paling kecil. Berikut tahapan yang dilakukan dalam mengolah data :

- 1) Menentukan urutan aktivitas pekerjaan dengan menentukan hubungan antar kegiatan sehingga akan diperoleh *predecessor* dan *successor* untuk tiap pekerjaan serta durasi pada setiap pekerjaan. Durasi didapatkan pada *time schedule* yang telah ada.

- 2) Melakukan penyusunan *network diagram* dengan menginput *time schedule* dan durasi dari tiap pekerjaan berdasarkan hubungan antar kegiatan sehingga akan didapatkan jalur lintasan kritis.
- 3) Menghitung produktivitas untuk tiap pekerjaan yang berada pada jalur lintasan kritis.
- 4) Penentuan *normal duration* berdasarkan jadwal pembangunan *mooring boat* milik PT. Pertamina Trans Kontinental
- 5) Menghitung *crash duration* dengan penambahan jam lembur selama 4 jam
- 6) Menghitung *normal cost* pada setiap pekerjaan yang dianalisis
- 7) Menghitung *crash cost* dengan penambahan jam lembur selama 4 jam
- 8) Menghitung *cost slope* dengan penambahan jam lembur pada pekerjaan yang dianalisis
- 9) Menentukan waktu dan biaya yang optimum setelah dilakukan percepatan dengan penambahan jam lembur dengan penerapan *Time Cost Trade Off method*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengumpulan data dan pengolahan data diatas, didapatkan hasil yaitu :

#### 3.1. Penyusunan Urutan Aktivitas

Penyusunan urutan aktivitas setiap pekerjaan dilakukan dengan menentukan *predecessor* dan *successor* dari tiap pekerjaan. *Predecessor* merupakan pekerjaan yang dilakukan sebelum pekerjaan yang bersangkutan dimulai sedangkan *successor* merupakan pekerjaan yang dilakukan setelah pekerjaan yang bersangkutan terjadi.

Penyusunan urutan aktivitas dibantu dengan *software Microsoft Project* dimana software ini dirancang untuk membantu dalam pengelolaan manajemen proyek [9].

#### 3.2. Network Diagram

*Network diagram* merupakan visualisasi proyek berupa diagram jaringan kerja yang terdiri atas urutan aktivitas selama proyek berlangsung dan jalur lintasan kritis. Jaringan kerja dibuat setelah penentuan urutan aktivitas pekerjaan dan durasi untuk tiap pekerjaan.

Dalam proyek pembangunan kapal *mooring boat* pekerjaan yang pertama kali dilakukan adalah kontrak dan pekerjaan terakhir adalah serah terima. Langkah pertama dalam menganalisa *network diagram* 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*) sehingga dapat diketahui jumlah *slack* masing-masing

pekerjaan. Pada pekerjaan yang memiliki jumlah *slack* nol (0) merupakan pekerjaan yang terdapat pada jalur lintasan kritis.

#### 3.3 Lintasan Kritis

Lintasan kritis merupakan jalur dari tiap pekerjaan yang bersifat kritis. Pekerjaan yang berada dalam jalur lintasan kritis merupakan pekerjaan yang tidak memiliki jumlah *slack* (*slack* = 0).

Pada proyek pembangunan kapal *mooring boat* terdapat beberapa pekerjaan yang berada dalam jalur lintasan kritis yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pekerjaan *Machinery Part* Pada Jalur Lintasan Kritis

No.	Nama Pekerjaan	EF	LF	TF
1.	Loading Main Engine	148	148	0
2.	Machining Stern Tube	141	141	0
3.	Install Stern Tube	146	146	0
4.	Pemasangan Bantalan Shaft Propeller	149	149	0
5.	Chock Fast	158	158	0
6.	Racor	148	148	0
7.	Pemasangan Rudder Blade	153	153	0
8.	Pemasangan Shaft Propeller	150	150	0
9.	Pemasangan Propeller & Bonet	151	151	0
10.	Exhaust Pipe & Silencers	155	155	0

Pada tabel 2 terdapat 10 pekerjaan yang memiliki nilai *slack* 0 (nol) pada *machinery part* yang akan dipercepat akibat keterlambatan dalam pembelian *rudder trunk & stern tube*. Selanjutnya 10 pekerjaan yang berada dalam jalur lintasan kritis akan dianalisa dengan *Time Cost Trade Off method* untuk mempercepat durasi pengerjaan proyek dengan melihat penambahan biaya secara minimum.

#### 3.4 Normal Duration

*Normal duration* adalah durasi normal untuk menyelesaikan setiap pekerjaan secara efisien dengan tidak mempertimbangkan adanya alternatif penambahan seperti jam lembur, tenaga kerja, atau penyewaan alat baru.

Besar durasi normal didasarkan pada data yang didapatkan di lapangan. Durasi tiap pekerjaan yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada penjadwalan proyek pembangunan *mooring boat* milik PT. Pertamina Trans Kontinental. Untuk durasi tiap pekerjaan *machinery part* yang akan dianalisa dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Durasi Tiap Pekerjaan

No	Nama Pekerjaan	Durasi (Hari)
1.	Loading Main Engine	2
2.	Machining Stern Tube	7
3.	Install Stern Tube	5
4.	Pemasangan Bantalan Shaft Propeller	3
5.	Chock Fast	2
6.	Racor	2
7.	Pemasangan Rudder Blade	2
8.	Pemasangan Shaft Propeller	1
9.	Pemasangan Propeller & Bonet	1
10.	Exhaust Pipe & Silencers	7

### 3.5 Perhitungan Produktivitas Harian

Produktivitas secara umum dapat diartikan sebagai kemampuan pekerja, sistem atau perusahaan dalam menghasilkan output [10]. Dengan adanya produktivitas diharapkan perencanaan dapat berjalan secara efisien dan efektif. Indeks untuk progress produktivitas menggunakan pengukuran yang berbeda tergantung pekerjaan (berat, parameter pengelasan, panjang kabel, dan lain-lain) per unit waktu [11]. Perhitungan Produktivitas harian didapat dengan membagi volume suatu pekerjaan dengan durasi tiap pekerjaan tersebut. Produktivitas harian dicari pada pekerjaan yang berada dalam jalur lintasan kritis. Besar nilai produktivitas harian dapat diketahui dari :

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

Besar produktivitas harian untuk setiap pekerjaan *machinery part* yang berada dalam jalur lintasan kritis terdapat pada tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Besar Produktivitas Harian Pada Pekerjaan *Machinery Part*

Nama Pekerjaan	Volume (set)	Durasi (Hari)	Produktivitas Harian (set/hari)
Loading Main Engine	1	2	0,5
Machining Stern Tube	1	7	0,1429
Install Stern Tube	1	5	0,2
Pemasangan Bantalan Shaft Propeller	2	3	0,6667
Chock Fast	1	2	0,5
Racor	1	2	0,5
Pemasangan Rudder Blade	1	2	0,5

Pemasangan Shaft	1	1	1
Propeller Pemasangan Propeller & Bonet	1	1	1
Exhaust Pipe & Silencers	1	7	0,1429

### 3.6 Alternatif Penambahan Jam Kerja

Penambahan jam lembur merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mempercepat durasi pengerjaan suatu proyek. Penambahan jam kerja dilakukan sebanyak 4 jam dari pukul 17.00 – 21.00. Pada penambahan selama 4 jam kerja terjadi penurunan produktivitas sampai dengan 60% dari produktivitas jam normal.

Besar produktivitas setelah penambahan jam kerja didapatkan dari :

$$\text{Prod. Setelah Penambahan Jam Kerja} = \text{Prod. Harian normal} + (\text{Prod. Per Jam Normal} \times \text{Koef. Pengurangan Prod.} \times \text{Durasi Jam Lembur}) \quad (2)$$

Perhitungan untuk produktivitas setelah penambahan jam kerja pada setiap pekerjaan *machinery part* terdapat pada tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan Produktivitas Harian Setelah Penambahan Jam Kerja Pada Pekerjaan *Machinery Part*

	a	b	c	d	e	f
Loading Main Engine		0,5	0,0625	0,6	4	0,65
Machining Stern Tube		0,1429	0,0179	0,6	4	0,1875
Install Stern Tube		0,2	0,025	0,6	4	0,26
Pemasangan Bantalan Shaft Propeller		0,6667	0,0833	0,6	4	0,8667
Chock Fast		0,5	0,0625	0,6	4	0,65
Racor		0,5	0,0625	0,6	4	0,65
Pemasangan Rudder Blade		0,5	0,0625	0,6	4	0,65
Pemasangan Shaft Propeller		1	0,125	0,6	4	1,3
Pemasangan Propeller & Bonet		1	0,125	0,6	4	1,3
Exhaust Pipe & Silencers		0,1429	0,0179	0,6	4	0,1875

a : Nama Kegiatan

b : Produktivitas Harian Normal (set/hari)

c : Produktivitas Per Jam Normal (set/jam)

d : Koefisien Penurunan Produktivitas

e : Durasi Jam Lembur (jam)

f : Produktivitas Setelah Penambahan Jam Lembur (set/hari)

### 3.7 Crash Duration

*Crash duration* merupakan durasi waktu yang telah dipersingkat untuk menyelesaikan suatu pekerjaan yang masih dapat dilakukan. Dengan adanya peningkatan produktivitas maka akan didapatkan durasi yang lebih cepat untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Perhitungan *crash duration* didapat dari :

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Prod.Setelah Penambahan Jam Kerja}} \quad (3)$$

Besar nilai *crash duration* pada setiap pekerjaan *machinery part* dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan *Crash Duration* Pada Pekerjaan *Machinery Part*

Nama Pekerjaan	Volume (Set)	Prod. Setelah Penambahan Jam Kerja (set/hari)	Crash Duration (hari)
Loading Main Engine	1	0,65	2
Machining Stern Tube	1	0,1875	5
Install Stern Tube	1	0,26	4
Pemasangan Bantalan Shaft	2	0,8667	2
Propeller			
Chock Fast	1	0,65	2
Racor	1	0,65	2
Pemasangan Rudder Blade	1	0,65	2
Pemasangan Shaft	1	1,3	1
Propeller			
Pemasangan Propeller & Bonet	1	1,3	1
Exhaust Pipe & Silencers	1	0,1875	5

### 3.8 Normal Cost

*Normal cost* merupakan biaya yang dikeluarkan untuk menyelesaikan pekerjaan dengan durasi waktu normal. Biaya dibedakan menjadi dua jenis yaitu biaya langsung dan biaya tak langsung. Pada penelitian ini yang akan dianalisa adalah biaya langsung. Biaya langsung

terdiri atas macam-macam biaya salah satunya biaya tenaga kerja [1]. Pada penelitian ini biaya langsung yang dianalisa yaitu biaya tenaga kerja yang didapat langsung dari lapangan yaitu daftar tenaga kerja yang berada di galangan. Besar nilai *normal cost* dapat diketahui dengan :

$$\text{Normal Cost} = \text{Normal Cost Tenaga Kerja Perhari} \times \text{Normal Duration} \quad (4)$$

Besar *normal cost* untuk tenaga kerja perhari untuk tiap pekerjaan *machinery part* dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Daftar Upah Tenaga Kerja Perhari Pada Pekerjaan *Machinery Part*

Nama Pekerjaan	Jenis Pekerjaan	Tarif Pekerja/Hari (Rp. -,00)
Loading Main Engine	<i>Mechanical</i>	175.000
Machining Stern Tube	<i>Propulsi</i>	150.000
Install Stern Tube	<i>Propulsi</i>	150.000
Pemasangan Bantalan Shaft	<i>Propulsi</i>	150.000
Propeller		
Chock Fast	<i>Mechanical</i>	175.000
Racor	<i>Mechanical</i>	175.000
Pemasangan Rudder Blade	<i>Propulsi</i>	150.000
Pemasangan Shaft	<i>Propulsi</i>	150.000
Propeller		
Pemasangan Propeller & Bonet	<i>Propulsi</i>	150.000
Exhaust Pipe & Silencers	<i>Pipa</i>	120.000

Perhitungan *normal cost* untuk tiap pekerjaan *machinery part* terdapat pada tabel 8.

Tabel 8. Besar Nilai *Normal Cost* Pada Pekerjaan *Machinery Part*

Nama Pekerjaan	ND (hari)	Tarif Pekerja/Hari (Rp. -,00)	NC (Rp. -,00)
Loading Main Engine	2	175.000	350.000
Machining Stern Tube	7	150.000	1.050.000
Install Stern Tube	5	150.000	750.000
Pemasangan Bantalan Shaft	3	150.000	450.000
Propeller			
Chock Fast	2	175.000	350.000
Racor	2	175.000	350.000

Pemasangan Rudder Blade	2	150.000	300.000
Pemasangan Shaft Propeller	1	150.000	150.000
Pemasangan Propeller & Bonet	1	150.000	150.000
Exhaust Pipe & Silencers	7	120.000	840.000

### 3.9 Crash Cost

*Crash cost* adalah besar biaya untuk menyelesaikan pekerjaan dalam durasi waktu yang telah dipersingkat. *Crash cost* dikeluarkan akibat adanya penambahan biaya lembur selama 4 jam. Dari data yang diperoleh di lapangan, besar biaya lembur selama 4 jam sama dengan biaya tenaga kerja per hari sesuai dengan daftar tenaga kerja. Besar nilai *crash cost* dapat dihitung dari:

#### 1. Menghitung *Crash Cost* Tenaga Kerja Perhari

$$\text{Crash Cost Tenaga Kerja Perhari} = \text{Normal Cost Tenaga Kerja Perhari} + \text{Biaya Lembur Perhari} \quad (5)$$

#### 2. Menghitung *Crash Cost*

$$\text{Crash Cost} = \text{Crash Cost Tenaga Kerja Perhari} \times \text{Crash Duration} \quad (6)$$

Besar nilai *crash cost* untuk tenaga kerja perhari pada pekerjaan *machinery part* dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Besar Nilai *Crash Cost* Tenaga Kerja Perhari Pada Pekerjaan *Machinery Part*

Nama Pekerjaan	NC Pekerja/Hari (Rp. -,00)	Biaya Lembur (Rp. -,00)	CC Pekerja/Hari (Rp. -,00)
Loading Main Engine	175.000	175.000	350.000
Machining Stern Tube	150.000	150.000	300.000
Install Stern Tube	150.000	150.000	300.000
Pemasangan Bantalan Shaft Propeller	150.000	150.000	300.000
Chock Fast Racor	175.000	175.000	350.000
Pemasangan Rudder Blade	150.000	150.000	300.000
Pemasangan Shaft Propeller	150.000	150.000	300.000
Pemasangan Propeller & Bonet	150.000	150.000	300.000

Exhaust Pipe & Silencers	120.000	120.000	240.000
--------------------------	---------	---------	---------

Setelah mendapatkan besar *crash cost* tenaga kerja perhari, selanjutnya ditentukan besar nilai *crash cost* untuk setiap pekerjaan. Untuk masing-masing besar nilai *crash cost* pada pekerjaan *machinery part* dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Besar Nilai *Crash Cost* Pada Pekerjaan *Machinery Part*

Nama Pekerjaan	CC Pekerja/Hari (Rp. -,00)	CD (hari)	CC (Rp. -,00)
Loading Main Engine	350.000	2	700.000
Machining Stern Tube	300.000	5	1.500.000
Install Stern Tube	300.000	4	1.200.000
Pemasangan Bantalan Shaft Propeller	300.000	2	600.000
Chock Fast Racor	350.000	2	700.000
Pemasangan Rudder Blade	300.000	2	600.000
Pemasangan Shaft Propeller	300.000	1	300.000
Pemasangan Propeller & Bonet	300.000	1	300.000
Exhaust Pipe & Silencers	240.000	5	1.200.000

### 3.10 Cost Slope

Besar Penambahan biaya yang harus dikeluarkan untuk mengurangi durasi dari tiap pekerjaan didefinisikan sebagai *cost slope* [12]. Besar untuk masing-masing *cost slope* pada tiap pekerjaan dapat diketahui dengan :

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}} \quad (7)$$

Besar masing-masing nilai *cost slope* pada pekerjaan *machinery part* dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Besar Nilai *Cost Slope* Pada Pekerjaan *Machinery Part*

Nama Pekerjaan	NC (Rp. -,00)	ND (hari)	CC (Rp. -,00)	CD (hari)	Cost Slope/hari (Rp. -,00)
----------------	---------------	-----------	---------------	-----------	----------------------------

Loading Main Engine	350.000	2	700.000	2	-
Machining Stern Tube	1.050.000	7	1.500.000	5	225.000
Install Stern Tube	750.000	5	1.200.000	4	450.000
Pemasangan Bantalan Shaft	450.000	3	600.000	2	150.000
Propeller Chock Fast	350.000	2	700.000	2	-
Racor	350.000	2	700.000	2	-
Pemasangan Rudder Blade	300.000	2	600.000	2	-
Pemasangan Shaft Propeller	150.000	1	300.000	1	-
Pemasangan Propeller & Bonet	150.000	1	300.000	1	-
Exhaust Pipe & Silencers	840.000	7	1.200.000	5	180.000

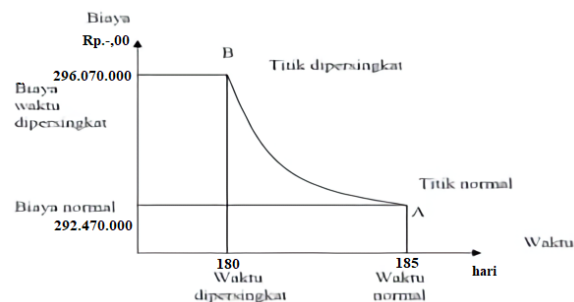
### 3.11 Hasil Analisa

Analisa *Time Cost Trade Off method* dilakukan percepatan pada pekerjaan yang berada dalam jalur lintasan kritis dan dilakukan mulai dari pekerjaan dengan *cost slope* paling kecil. Hasil analisa percepatan durasi proyek pembangunan *mooring boat* milik PT. Pertamina Trans Kontinental dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Analisa Percepatan Durasi

Nama Pekerjaan	Normal Duration (hari)	Crash Duration (hari)	Cost Slope (Rp.-,00)
Pemasangan Bantalan Shaft	3	2	150.000
Propeller Pemasangan Exhaust Pipe & Silencers	7	5	180.000
Machining Stern Tube	7	5	225.000

Pada tabel 12 didapatkan besar percepatan durasi pada tiga pekerjaan *machinery part* adalah 5 hari dan besar penambahan biaya setelah dilakukan percepatan durasi adalah sebesar Rp. 3.600.000,00 sehingga besar total biaya langsung dengan durasi 180 hari adalah Rp. 296.070.000,00 sedangkan besar total biaya langsung dengan durasi normal sebanyak 185 hari sebesar Rp. 292.470.000,00. Besar perbandingan biaya proyek sebelum dan sesudah dipercepat terdapat pada gambar 1.

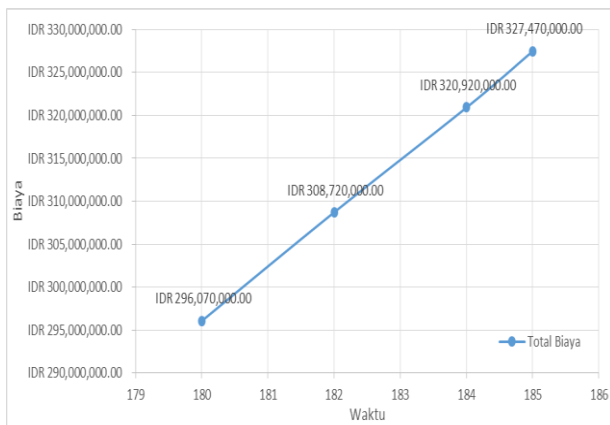


Gambar 1. Grafik Hubungan Biaya & Waktu Pada Keadaan Normal & Dipercepat

Pada proyek pembangunan kapal *mooring boat* terjadi keterlambatan selama 5 hari. Apabila proyek dibiarkan terlambat maka pihak galangan diwajibkan untuk membayar denda. Besar biaya denda akibat keterlambatan berdasarkan data dari lapangan yaitu :  
 Biaya denda : Rp. 7.000.000,00/Hari dengan toleransi durasi keterlambatan selama 60 hari. Bila lebih dari 60 hari, besar biaya denda menjadi Rp. 14.000.000,00/Hari.

Total biaya denda apabila pembangunan *mooring boat* dibiarkan terlambat selama 5 hari adalah:  $5 \times \text{Rp. } 7.000.000,00 = \text{Rp. } 35.000.000,00$ .

Total biaya selama 180 hari yang ditinjau dari penambahan biaya langsung akibat penambahan biaya jam lembur menjadi Rp. 296.070.000,00 sedangkan total biaya akibat keterlambatan selama 185 hari menjadi Rp. 327.470.000,00 akibat penambahan biaya denda karena keterlambatan. Besar perbandingan total biaya proyek sebelum dan sesudah dipercepat terdapat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hubungan Waktu & Total Biaya

#### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada proyek pembangunan *mooring boat* milik PT. Pertamina Trans Kontinental dapat disimpulkan besar percepatan durasi untuk menyelesaikan proyek pembangunan *mooring boat* milik PT. Pertamina Trans Kontinental adalah 5 hari dengan persentase perubahan waktu proyek sebesar -2,70%. Durasi total proyek keseluruhan yang semula 185 hari menjadi 180 hari sehingga durasi *machinery part* dengan durasi normal 59 hari dipercepat menjadi 54 hari dengan total penambahan biaya langsung yang dibutuhkan sebesar Rp. 3.600.000,00 sehingga total biaya langsung menjadi Rp. 296.070.000,00 dengan persentase perubahan biaya proyek sebesar 1,23%. Penambahan biaya sebesar Rp. 3.600.000,00 dengan penambahan jam lembur lebih murah dibandingkan jika mengalami keterlambatan selama 5 hari akan terjadi penambahan biaya denda sebesar Rp. 35.000.000,00 sehingga total biaya durasi normal menjadi Rp. 327.470.000,00.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ir. Iman Soeharto, *Manajemen Proyek Jilid 1 (Dari Konseptual sampai Operasional)*. Jakarta: Erlangga, 1999.
- [2] 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.
- [3] S. Anggraeni, Dita Nafa, Meriana Wahyu Nugroho, "Optimasi Waktu Dan Biaya Crashing Dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off," *J. CIVILA*, vol. 4, no. 2, pp. 310–317, 2019.
- [4] M. Chusairi, "Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan Gedung Tipe B SMPN Baru Siwalankerto," *Rekayasa Tek.*

*Sipil*, vol. 2, 2015.

- [5] M. Fazri, M. Widiastuti, and M. Jamal, "Analisis Percepatan Waktu Dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Pembangunan Rusun 1 Kota Samarinda Kalimantan Timur," *Tekno. Sipil*, vol. 3, no. 2, pp. 1–14, 2020.
- [6] M. R. A. Mandiyo Priyo, "Aplikasi Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia," *Semesta Tek.*, vol. 18, no. 1, pp. 30–43, 2016.
- [7] M. Priyo and A. Sumanto, "Analisis Percepatan Waktu Dan Biaya Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Menggunakan Metode Time Cost Trade Off: Studi Kasus Proyek Pembangunan Prasarana," *Semesta Tek.*, vol. 19, no. 1, pp. 1–15, 2016.
- [8] S. J. Adelia Muharani, Imam Pujo Mulyatno, "Optimasi Percepatan Proyek Pembangunan Kapal Kelas I Kenavigasian dengan Metode Pendekatan Analisa Time Cost Trade Off," *J. Tek. PERKAPALAN*, vol. 8, no. 3, 2020.
- [9] I. A. M. Yoni, I. P. D. Warsika, and I. G. K. Sudipta, "Perbandingan Penambahan Waktu Kerja ( Jam Lembur ) Dengan Penambahan Tenaga Kerja Terhadap Biaya Pelaksanaan Proyek Dengan Metode Time Cost Trade Off ( Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Instalasi Farmasi Blahkiuh )," *J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 17, no. 2, 2013.
- [10] S. Suherman, "Optimasi Waktu dan Biaya Menggunakan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Access Road Construction and Soil Clean Up," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. dan Karya Ilm. dalam Bid. Tek. Ind.*, vol. 2, no. 2, p. 199, 2016.
- [11] R. C. M. Richard Lee Storch, Collin P. Hammon, Howard M. Bunch, *Ship Production Second Edition*, Second Edi. New Jersey: The Society Of Naval Architects And Marine Engineers, 1995.
- [12] 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.