



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Optimasi Percepatan Proyek Pembangunan Kapal Kelas I Kenavigasian dengan Metode Pendekatan *Analisa Time Cost Trade Off*

Adelia Muharani¹⁾, Imam Pujo Mulyatno¹⁾, Sarjito Jokosisworo¹⁾

¹⁾Laboratorium Komputer

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

*)e-mail : adeliamuharani@student.undip.ac.id, pujomulyatno2@gmail.com, sarjitojs@gmail.com

Abstrak

Pembangunan sebuah proyek harus diperhitungkan dan dikelola dengan tepat, baik dari segi waktu maupun dari segi biaya untuk mendapatkan hasil yang maksimal, karena banyak hal yang memungkinkan terjadinya keterlambatan, untuk menghindari terjadinya keterlambatan melakukan proses percepatan adalah salah satu cara efektif. Proyek pembangunan Kapal Kelas I Kenavigasian dipilih sebagai studi kasus karena kapal ini mengalami keterlambatan pengerjaan selama 1 bulan, maka dilakukan percepatan agar proyek selesai sesuai dengan waktu yang ditentukan. Tujuan dari penelitian ini yaitu mencari waktu dan biaya optimal untuk mempercepat durasi proyek. Metode *Time Cost Trade off (TCTO)* adalah metode yang digunakan dalam analisa percepatan proyek pembangunan kapal ini yang diterapkan pada proses pengerjaan Hull dan Outfitting. Percepatan dilakukan dengan menambahkan jam kerja dan tenaga kerja. Awal pengerjaan dengan mencari lintasan kritis dari setiap kegiatan menggunakan Microsoft Project, kemudian dari kegiatan dilintasan kritis dihitung *crashing program* (*crash duration, crash cost dan cost slope*). Dari hasil analisa dengan metode *Time cost trade Off* maka dilakukan percepatan pada kegiatan kritis yang *cost slope* terendah yaitu pada kegiatan *After Hull dan Fore Hull*, didapatkan percepatan selama 25 hari, dari total durasi proyek normal 225 hari menjadi 200 hari dengan efisiensi waktu 11,111% dan penambahan biaya sebesar 724.654.211,10 dengan efisiensi biaya 0,3110%.

Kata Kunci : Keterlambatan, Percepatan, *Time Cost Trade Off*, *Crashing Program*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan sebuah proyek tidaklah mudah, banyak hal yang harus diperhitungkan dan dikelola dengan tepat, baik dari segi waktu maupun dari segi biaya untuk mendapatkan hasil yang maksimal, karena dalam pengerjaan proyek pembangunan kapal setiap pekerjaan yang dilakukan saling berhubungan satu dan yang lainnya, sehingga jika terjadi kegagalan di satu kegiatan maka akan berpengaruh ke kegiatan selanjutnya. Jika hal itu terjadi maka akan berakibat pada penambahan waktu dan pembengkakan biaya yang menghambat proses pengerjaan proyek. [1]

Untuk menghindari kemungkinan terjadinya hambatan atau keterlambatan saat proses pembangunan proyek maka pihak kontraktor selaku pelaksana pembangunan harus menyiapkan berbagai solusi dan salah satunya

adalah dengan melakukan proses percepatan. Proses percepatan ini tidak hanya dilakukan saat terjadi keterlambatan, tapi bisa dilakukan ketika owner mengajukan permintaan khusus agar proyek selesai lebih cepat. Proses percepatan juga tidak bisa dilakukan dengan sembarangan karena banyak hal yang harus dipertimbangkan. [1]

Saat ini sering terjadi keterlambatan pada pengerjaan proyek, salah satunya adalah pengerjaan proyek pembangunan kapal

Penelitian sebelumnya terjadi keterlambatan proyek karena beberapa faktor yaitu keterbatasan peralatan, dan pemasalahan jumlah tenaga kerja. [2]

Berdasarkan permasalahan tersebut peneliti menggunakan salah satu metode untuk mempercepat proyek pembangunan kapal yaitu menggunakan metode pendekatan analisa

pertukaran waktu dan biaya (*time cost trade off analysis*)

Metode *Time Cost Trade Off* adalah salah satu metode yang digunakan untuk melakukan percepatan durasi proyek dengan cara menambahkan beberapa variabel dan alternatif tertentu [3].

Tujuan dari metode analisa *time cost trade off* ini adalah untuk mempersingkat durasi proyek yang mengalami keterlambatan agar proyek dapat selesai tepat waktu dengan penambahan biaya minimum [4].

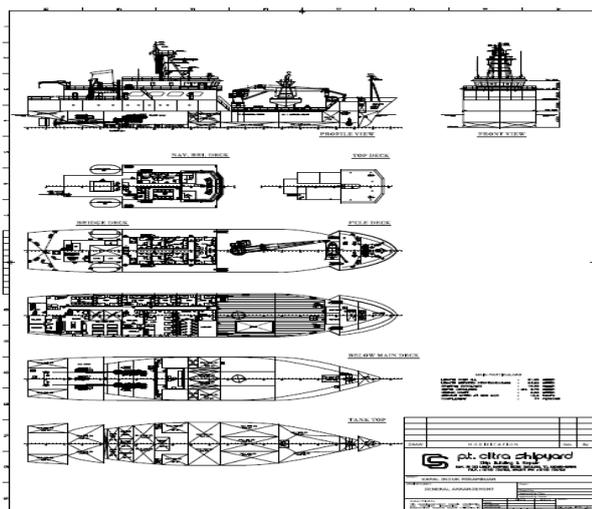
2. METODE

2.1 Objek Penelitian

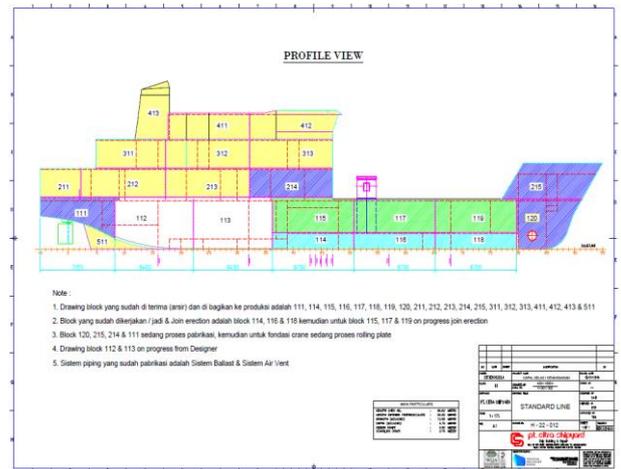
Proyek kontruksi pembangunan Kapal Kelas I Kenavigasian merupakan proyek pembangunan milik kementerian perhubungan RI di galangan kapal kampung becek, tanjung uncang batam adalah objek yang dipilih untuk melakukan penelitian.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal

No	Principal dimension	Measurements
1	Length Over All (LOA)	60 m
2	Length Perpendicular (LPP)	54 m
3	Breadth (B)	12 m
4	Depth (D)	4,7 m
5	Draft (T)	3,5 m
6	Service Speed	12 knots
7	Complement	51 orang



Gambar 1. Rencana Umum Kapal (KK1)



Gambar 2. Block Division Kapal (KK1)

2.2 Pengumpulan Data

Jenis data yang dibutuhkan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer ini adalah data yang di dapat dengan melakukan wawancara langsung dengan orang di galangan yang berkaitan dengan objek penelitian, sedangkan data sekunder berupa Kurva S, daftar harga upah, jadwal dan progress pengerjaan, serta data aktifitas pengerjaan proyek pembangunan kapal ini pada bagian *Hull & Outfitting*.

2.3. Metode Analisa *Time Cost Trade Off*

Metode analisa *time cost trade off* berfungsi untuk melakukan kompresi jadwal untuk mendapatkan proyek yang lebih menguntungkan baik dari segi waktu atau durasi, biaya dan pendapatan. Dan metode ini bertujuan untuk mencari biaya dan waktu optimal setelah dilakukannya proses percepatan. [5]

Data yang didapat dari hasil studi lapangan dan wawancara kemudian diolah. berikut tahap- tahap pengolahan data :

1. Merumuskan masalah pokok yang terjadi pada proyek khususnya bagian *Hull & Outfitting*.
2. Mencari Kegiatan kegiatan yang berada di lintasan kritis dari data data normal duration dengan menggunakan *software Microsoft Project*.
3. Setelah menemukan kegiatan kegitan yang berada pada lintasan kritis maka selanjutnya dilakukan perhitungan mencari produktifitas harian dan produktifitas perjam.
4. Menghitung *crash duration* penambahan tenaga kerja dan jam kerja (lembur)
5. Menghitung *crash cost* penambahan tenaga kerja dan jam kerja lembur

6. Menghitung *cost slope* dari penambahan tenaga kerja dan jam kerja (lembur)
7. Hasil waktu optimum dan biaya optimum setelah percepatan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

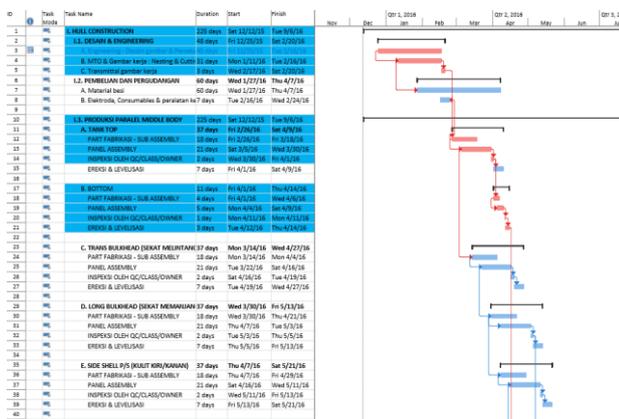
Data data yang telah didapatkan baik primer maupun sekunder selanjutnya akan dilakukan pengolahan, sehingga di dapat hasil dan pembahasan. Berikut hasil analisa dan pembahasan pada penelitian ini :

3.1. Mencari kegiatan pada lintasan kritis

Kegiatan kegiatan pada lintasan kritis dapat dicari menggunakan bantuan perangkat lunak *Microsoft Project* yang merupakan salah satu program aplikasi manajemen proyek [6].

Lintasan kritis merupakan suatu lintasan terpanjang dalam hal waktu, diantara semua lintasan yang ada dalam niagram network. Lintasan ini berfungsi menentukan total durasi tercepat untuk menyelesaikan suatu kegiatan. [7]

Berikut adalah hasil kegiatan kegiatan yang berada pada lintasan kritis yang dicari menggunakan *Microsoft Project*



Gambar 3. Tampilan kegiatan pada lintasan kritis dengan *Microsoft Project*

Berikut adalah rincian kegiatan kegiatan yang berada pada jalur kritis yang didapat setelah menggunakan *Microsoft Project* :

Tabel 2. Kegiatan Pada Lintasan Kritis

No	Kegiatan	Duration Kegiatan
1	Desain & Engineering	48
2	Paralel Middle Body	
	Tank Top	28
	Bottom	11
3	Aft Hull	
	Deck	25
	Bulkhead	28

4	Fore Hull	
	Deck	23
	Bulkhead	24
5	Forcastle deck	
	Deck	17
6	Akomodasi Main Deck	
	Deck	12
7	Akomodasi Poop Deck	
	Deck	12
	Bulkhead	20
8	Akomodasi Navigation Deck	
	Deck	14
	Bulkhead	20
	Outer Well	14

3.2. Menghitung Produktifitas Harian

Produktivitas adalah rasio antara output dan input, atau dapat dikatakan sebagai rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. [8]

Perhitungan produktifitas harian normal dilakukan pada kegiatan yang terdapat dalam lintasan kritis, produktifitas harian normal dihitung untuk melakukan perbandingan produktifitas sebelum dan setelah dilakukannya percepatan, untuk mencari produktifitas harian normal digunakan perhitungan dengan persamaan berikut :

$$\text{Produktivitas Normal} = \text{Volume} / \text{Durasi}$$

Contoh perhitungan produktifitas normal salah satu aktifitas pada pengerjaan fabrikasi PMB bagian bottom sebagai berikut :

Tonase pengerjaan fabrikasi bottom = 29.94 ton

Durasi pengerjaan fabrikasi bottom = 9 hari

$$\begin{aligned} & - \text{Produktivitas Harian Normal} \\ & = 29.94 \text{ ton} / 9 \text{ hari} \\ & = 3.32694 \end{aligned}$$

Tabel 3. Produktifitas Harian Normal Kegiatan Pada Lintasan Kritis Fabrikasi

Kegiatan	Volume Ton	Durasi	Produktifitas Harian
PMB			
Tank Top	10.26	28	0.36625
Bottom	29.94	9	3.32694
After Hull			
Deck	14.86	17	0.30594
Bulkhead	13.18	19	0.24279
Fore Hull			
Deck	1.75	16	0.03828
Bulkhead	2.68	17	0.05518
Forecastle Deck			
Deck	6.47	12	0.18871
A.Main Deck			
Deck	27.62	8	1.20838
A.Poop Deck			
Deck	15.34	8	0.67110
Bulkhead	24.27	12	0.70788

A.Nav Deck			
Deck	7.98	12	0.23275
Bulkhead	14.25	12	0.41563
Outer Well	12.35	12	0.36021

Dari perhitungan pada tabel 3 didapatlah produktifitas harian normal setiap kegiatan yang berada pada lintasan kritis bagian fabrikasi

Contoh perhitungan produktifitas normal salah satu aktifitas pada pengerjaan ereksi PMB bagian bottom sebagai berikut :

Tonase pengerjaan ereksi bottom = 29.94 ton

Durasi pengerjaan ereksi bottom = 3 hari

- Produktifitas Harian Normal
= 32.22 ton / 3 hari
= 11.4066

Tabel 4. Produktifitas Harian Normal Kegiatan Pada Lintasan Kritis Ereksi

Kegiatan	Volume Ton	Durasi	Produktifitas Harian
PMB			
Bottom	34.22	3	11.4066
Fore Hull			
Bulkhead	1.07	5	0.21440
Forcastle deck			
Deck	2.59	3	0.86266
A.Main Deck			
Deck	11.05	3	3.68260
A.Nav Deck			
Outer Well	4.94	5	0.98880

Dari perhitungan pada tabel 4 didapatlah produktifitas harian normal setiap kegiatan yang berada pada lintasan kritis bagian ereksi

3.3. Alternatif Percepatan

Alternatif percepatan adalah cara yang dilakukan agar selesai lebih awal atau lebih cepat dibanding waktu yang ditetapkan, beberapa percepatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.3.1. Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Lembur merupakan pelaksanaan pekerjaan di luar jam kerja normal, tidak hanya bagi pekerja tetapi alat pun termasuk kedalam penambahan jam kerja lembur. Hal ini dimaksud agar proyek dapat berjalan dengan lancar dan efektif .[9]

Dalam pengerjaan proyek ini waktu kerja normal adalah 8 jam perhari mulai dari pukul (08.00 – 17.00) dengan waktu istirahat selama 1 jam (12.00-13.00), sedangkan jam kerja lembur dilakukan setelah waktu kerja normal selesai

selama 4 jam yaitu dari pukul (18.00 – 21.00). dengan produktifitas 60% dari jam normal.

Persamaan perhitungan produktifitas harian setelah percepatan dengan penambahan jam kerja (lembur)

$$\text{Prod. Setelah Percepatan} = \text{Prod Harian Normal} + \text{Prod Harian per jam} \times \text{Efisiensi} \times \text{Penambahan Jam Kerja (lembur)}$$

Contoh perhitungan produktifitas setelah percepatan salah satu aktifitas pada pengerjaan fabrikasi dan ereksi PMB bagian bottom sebagai berikut :

Prod Harian Normal Fabrikasi = 3.32694

Prod Harian Perjam Fabrikasi = 0.045781

Prod Harian Normal Ereksi = 11.4066

Prod Harian Perjam Ereksi = 1.425781

Efisiensi = 60%

Penambahan Jam Kerja = 4 jam

-Prod. Setelah Percepatan Fabrikasi

$$= 3.32694 + (0.045781 \times 60\% \times 4)$$

$$= 4.32503$$

-Prod. Setelah Percepatan Ereksi

$$= 11.40666 + (1.42583 \times 60\% \times 4)$$

$$= 14.82866$$

Berikut adalah tabel hasil perhitungan kegiatan setelah dilakukan percepatan dengan penambahan jam kerja (lembur)

Tabel 5. Produktifitas Setelah Percepatan Penambahan Jam Kerja (lembur) Fabrikasi

Kegiatan	Prod Harian	Prod Jam	Efes	Jam	Prod Precept
PMB					
Tank Top	0.36625	0.04578	60%	4	0.47613
Bottom	3.32694	0.41586	60%	4	4.32503
After Hull					
Deck	0.30594	0.03824	60%	4	0.39775
Bulkhead	0.24279	0.03034	60%	4	0.31563
Fore Hull					
Deck	0.03828	0.00479	60%	4	0.04977
Bulkhead	0.05518	0.00690	60%	4	0.07173
Forcastle Deck					
Deck	0.18871	0.02359	60%	4	0.24532
A.Main Deck					
Deck	1.20838	0.15105	60%	4	1.57089
A.Poop Deck					
Deck	0.67113	0.08389	60%	4	0.87246
Bulkhead	0.70788	0.08848	60%	4	0.92024
A.Nav Deck					
Deck	0.23275	0.02909	60%	4	0.30258
Bulkhead	0.41563	0.05195	60%	4	0.54031
Outer Well	0.36021	0.04503	60%	4	0.46827

Tabel 6. Produktifitas Setelah Percepatan Penambahan Jam Kerja (lembur) Ereksi

Kegiatan	Prod Harian	Prod Jam	Efes	Jam	Prod Precept
PMB					
Bottom	11.4066	1.4258	60%	4	14.8288
Fore Hull					
Bulkhead	0.21440	0.0268	60%	4	0.27872
Forcastle deck					
Deck	0.86266	0.1078	60%	4	1.12146
A.Main Deck					
Deck	3.68266	0.4603	60%	4	4.78746
A.Nav Deck					
Outer	0.98800	0.1235	60%	4	1.28440

Dari perhitungan pada tabel 5 dan 6 didapatkan produktifitas harian setelah dilakukan proses percepatan penambahan jam kerja lembur setiap kegiatan yang berada pada lintasan kritis bagian fabrikasi dan ereksi.

3.3.2. Penambahan Tenaga Kerja

Dalam pengerjaan proyek pada aktifitas pekerjaan fabrikasi dan ereksi memiliki volume pekerjaan yang besar dan durasi pengerjaan yang panjang, karena itu dipilih alternative dengan penambahan jumlah tenaga kerja. Penambahan tenaga kerja masing masing di setiap pekerjaan sama yaitu 1 grup dengan jumlah pekerja 7 orang, dengan penambahan tenaga kerja ini diharapkan terjadi peningkatan produktifitas dan pekerjaan cepat selesai.[10]

Persamaan perhitungan produktifitas harian setelah percepatan dengan penambahan tenaga kerja

$$\text{Prod. Setelah Percepatan} = \text{Prod Harian Normal} + (\text{Prod. Harian normal} \times \text{Jmlah Grup crash}) / \text{Jumlah Grup Normal}$$

Contoh perhitungan produktifitas setelah percepatan salah satu aktifitas pada pengerjaan fabrikasi dan ereksi PMB bagian bottom sebagai berikut :

Produktifitas harian Normal Fabrikasi = 3.3269

Produktifitas harian Normal Ereksi = 11.4066

Jumlah grup crash fabrikasi = 3

Jumlah Grup Normal = 1

- Produktifitas Percepatan Fabrikasi
= $3.3269 + (3.3269 \times 3) / 1$
= 13.3077 ton/ hari
- Produktifitas Percepatan Ereksi
= $11.4066 + (11.4066 \times 3) / 1$
= 45.6267 ton/ hari

Berikut adalah tabel hasil perhitungan kegiatan setelah dilakukan percepatan dengan penambahan tenaga kerja

Tabel 7. Produktifitas Setelah Percepatan Penambahan Tenaga Kerja Fabrikasi

Kegiatan	Prod Harian	Grup Nrml	Prod Pmbah	Prod Percepat
PMB				
Tank Top	0.36625	1	0.36625	0.73250
Bottom	3.32694	3	9.98083	13.3077
After Hull				
Deck	0.30594	1	0.30594	0.61882
Bulkhead	0.24279	1	0.24279	0.48557
Fore Hull				
Deck	0.03828	1	0.03828	0.07656
Bulkhead	0.05518	1	0.05518	0.11035
Forcastle Deck				
Deck	0.18871	1	0.18871	0.37741
A.Main Deck				
Deck	1.20838	2	2.41675	3.62512
A.Poop Deck				
Deck	0.67113	1	0.67113	1.34225
Bulkhead	0.70788	1	0.70788	0.70787
A.Nav Deck				
Deck	0.23275	1	0.23275	0.46550
Bulkhead	0.41563	1	0.41563	0.83125
Outer Well	0.36021	1	0.36021	0.72041

Tabel 8. Produktifitas Setelah Percepatan Penambahan Tenaga Kerja Ereksi

Kegiatan	Prod Harian	Grup Nrml	Prod Pmbah	Prod Percepat
PMB				
Bottom	11.4066	3	34.2200	45.6267
Fore Hull				
Bulkhead	0.21440	1	0.21440	0.42880
Forcastle deck				
Deck	0.86266	1	0.86267	1.72533
A.Main Deck				
Deck	3.68266	2	7.36533	11.0480
A.Nav Deck				
Outer	0.98800	1	0.98800	1.97600

Dari perhitungan pada tabel didapatkan produktifitas harian setelah dilakukan proses percepatan penambahan tenaga kerja setiap kegiatan yang berada pada lintasan kritis bagian fabrikasi dan ereksi.

3.4. Crash Duration

Setelah dilakukan percepatan maka produktifitas pada kegiatan kritis mengalami peningkatan maka diperlukan waktu yang lebih cepat dari sebelumnya. Untuk itu dilakukan perhitungan *crash duration*.

Crash Duration merupakan waktu yang dibutuhkan sebuah proyek dalam usahanya mempersingkat durasinya lebih pendek dari waktu normal. [11]

Persamaan perhitungan *crash duration* penambahan tenaga kerja

$$\text{Crash Duration} = \text{Volume} / (\text{Produktifitas percepatan 1} + \text{Produktifitas Percepatan 2})$$

Contoh perhitungan *crash duration* penambahan tenaga kerja

Produktifitas percepatan 1 fabrikasi = 4.3250

Produktifitas percepatan 2 fabrikasi = 13.307

Volume = 29.94

Produktifitas percepatan 1 ereksi = 14.82

Produktifitas percepatan 2 ereksi = 45.626

Volume = 34.22

- Crash Duration Fabrikasi
= $29.94 / (4.3250 + 13.307)$
= 1.698 = 2 hari
- Crash Duration Ereksi
= $34.22 / (14.828 + 45.626)$
= 0.566 = 1 hari

Berikut adalah tabel hasil perhitungan kegiatan setelah dilakukan percepatan dengan penambahan jam kerja (lembur) dan tenaga kerja

Tabel 9. Produktifitas Setelah Percepatan Fabrikasi

Kegiatan	Volume ton	Prod Pcpn 1	Prod Pcpn 2	Crash Duration
PMB				
Tank Top	10.26	0.47613	0.73250	9
Bottom	29.94	4.32503	13.3078	2
After Hull				
Deck	5.20	0.39772	0.61188	6
Bulkhead	4.61	0.31563	0.48560	6
Fore Hull				
Deck	0.61	0.04977	0.07660	5
Bulkhead	0.94	0.07173	0.11035	6
Forcastle Deck				
Deck	2.26	0.24532	0.37740	4
A.Main Deck				
Deck	9.67	1.57089	3.62510	2
A.Poop Deck				
Deck	5.37	0.87246	1.34230	3
Bulkhead	8.49	0.92024	0.70790	6
A.Nav Deck				
Deck	2.79	0.30258	0.46550	4
Bulkhead	4.99	0.54031	0.83125	4
Outer Well	4.32	0.46827	0.72040	4

Tabel 10. Produktifitas Setelah Percepatan Ereksi

Kegiatan	Volume ton	Prod Pcpn 1	Prod Pcpn 2	Crash Duration
----------	------------	-------------	-------------	----------------

PMB

Bottom	34.22	14.8286	45.6266	1
Fore Hull				
Bulkhead	1.07	0.27872	0.42880	2
Forcastle deck				
Deck	2.59	1.12146	1.72533	1
A.Main Deck				
Deck	11.05	4.78746	11.04800	1
A.Nav Deck				
Outer	4.94	1.28440	1.97600	2

3.5. Crash Cost

Crash cost adalah biaya yang dikeluarkan dengan penyelesaian proyek dalam jangka waktu sebesar *crash*-nya. Biaya ini dikeluarkan setelah dilakukannya proses percepatan. [12]

1. Persamaan perhitungan *crash cost* penambahan tenaga kerja

$$\text{Crash Cost} = (\text{Gaji tenaga kerja perjam} \times \text{jumlah tenaga kerja tambahan} \times \text{jumlah jam kerja sehari} \times \text{durasi crasing})$$

Contoh perhitungan *crash cost* penambahan tenaga kerja

Biaya yang dibutuhkan untuk penambahan tenaga kerja adalah sebagai berikut dengan ketentuan

- Gaji tenaga kerja perjam = Rp 171.221,42
- Penambahan tenaga kerja = 1 grup 7 orang
- Jumlah jam kerja 1 hari = 8 jam

Penambahan Biaya Fabrikasi

$$= \text{Rp } 171.221,42 \times 1 \times 8 \times 2 = \text{Rp } 2.739.542,70$$

Penambahan biaya Ereksi

$$= \text{Rp } 171.221,42 \times 1 \times 8 \times 1 = \text{Rp } 1.369.771,35$$

2. Persamaan perhitungan *crash cost* penambahan jam kerja (lembur)

$$\text{Crash Cost} = (\text{Gaji tenaga kerja pergrup} \times \text{banyak tenaga kerja tambahan} \times \text{pekerja normal})$$

Contoh perhitungan *crash cost* penambahan jam kerja

Biaya yang dibutuhkan untuk penambahan tenaga kerja adalah sebagai erikut dengan ketentuan

- Gaji tenaga kerja / grup / jam = 789.000,00

- Penambahan jam kerja = 4 jam
- Penambahna tenaga kerja = 1 grup 7 orang

Penambahan Biaya Fabrikasi

$$= \text{Rp } 789.000,00 \times 1 \times 3 = \text{Rp } 2.367.000,00$$

Penambahan Biaya Ereksi

$$= \text{Rp } 789.000,00 \times 1 \times 3 = \text{Rp } 2.367.000,00$$

Tabel 11. Penambahan Biaya Setelah Percepatan

Kegiatan	Penambahan Jam Kerja	Penambahan T.Kerja	Total
PMB			
Tank Top	789.000,00	12.327.942,69	13.116.942,69
Bottom	4.734.000,00	4.109.314,23	8.843.314,23
After Hull			
Deck	789.000,00	8.218.628,46	9.007.628,46
Bulkhead	1.578.000,00	8.218.628,46	9.796.628,46
Fore Hull			
Deck	789.000,00	6.848.857,05	7.637.857,05
Bulkhead	789.000,00	10.958.171,28	11.747.171,28
Forcastle Deck			
Deck	1.578.000,00	6.848.857,05	8.426.857,05
A.Main Deck			
Deck	3.156.000,00	4.109.314,23	7.265.314,23
A.Poop Deck			
Deck	789.000,00	4.109.314,23	4.898.315,23
Bulkhead	789.000,00	8.218.628,46	9.007.628,46
A.Nav Deck			
Deck	789.000,00	5.479.085,64	6.268.085,64
Bulkhead	789.000,00	5.479.085,64	6.268.085,64
Outer Well	789.000,00	8.218.628,46	9.796.628,46

Setelah dilakukan percepatan karena penambahan jam kerja (lembur) dan tenaga kerja maka didapatkan biaya percepatan total seperti di tabel, maka dapat dilakukan perhitungan *crash cost* sebagai berikut :

Tabel 12. *Crash Cost*

Kegiatan	Normal Cost	Penambahan Biaya	Crash Cost
PMB			
Tank Top	522.383.782,81	13.116.942,69	535.500.725,50
Bottom	3.287.859.579,8	8.843.314,23	3.296.702.894,04
After Hull			
Deck	267.400.592,53	9.007.628,46	276.408.220,99
Bulkhead	243.756.640,28	9.796.628,46	253.553.268,74
Fore Hull			
Deck	50.825.995,15	7.637.857,05	58.463.852,20
Bulkhead	124.481.697,89	11.747.171,28	136.228.869,17
For Deck			
Deck	264.850.835,30	8.426.857,05	273.277.692,35
A.Main Deck			
Deck	1.084.011.809,3	3.156.000,00	1.091.277.123,60
A.Poop Deck			
Deck	269.851.011,60	4.898.315,23	274.749.325,83
Bulkhead	417.372.838,81	9.007.628,46	426.380.467,27
A.Nav Deck			

Deck	151.004.815,54	6.268.085,64	157.272.901,18
Bulkhead	251.844.427,99	6.268.085,64	258.112.513,63
Outer Well	497.835.138,46	9.796.628,46	507.631.766,92

3.6. Cost Slope

Cost slope adalah penambahan biaya langsung persatuan waktu untuk mempercepat suatu aktifitas

Persamaan perhitungan *cost slope* sebagai berikut :

$$\text{Cost Slope} = (\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}) / (\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration})$$

Contoh salah satu perhitungan *cost slope* di PMB bagian bottom

- Normal duration = 14
- Crast duration = 3
- Normal cost = 3.292.429.179.81
- Crast cost = 3.296.702.894.04

$$\begin{aligned} \text{Costslope} &= (3.287.859.577,29 - 3.296.702.894,04) \\ &/ (14-3) \\ &= 803.937,89 \end{aligned}$$

Tabel 13. *Cost Slope*

No	Kegiatan	Cost Slope
1. PMB		
	Tank Top	Rp 690.365,49
	Bottom	Rp 803.937,89
2. After Hull		
	Deck	Rp 474.085,76
	Bulkhead	Rp 445.301,35
3. Fore Hull		
	Deck	Rp 424.325,45
	Bulkhead	Rp 421.698,27
4. Forcastle Deck		
	Deck	Rp 842.685,80
5. A.Main Deck		
	Deck	Rp 605.443,00
6. A.Poop Deck		
	Deck	Rp 544.257,22
	Bulkhead	Rp 1.501.271,53
7. A.Nav Deck		
	Deck	Rp 626.808,65
	Bulkhead	Rp 783.510,75
	Outer Well	Rp 750.635,82

3.7. Hasil Analisa Time Cost Trade Off

Setelah didapatkan nilai *cost slope* dari setiap kegiatan atau aktifitas, maka dilakukan penekanan pada durasi proyek pada aktifitas yang memiliki *cost slope* terendah.

Dari hasil perhitungan *cost slope* kegiatan yang memiliki *cost slope* terendah adalah pada bagian *After Hull* dan *Fore Hull*, maka biaya

minimum dan waktu minimum yang di hitung pada penelitian ini hanya pada bagian *after hull dan fore hull* saja dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 13. Durasi dan Biaya Akhir

Kegiatan	Normal Duration	Crash Duration	Crash Cost
After Hull			
Deck	25	6	Rp 276.408.220,99
Bulkhead	28	6	Rp 253.553.268,74
Fore Hull			
Deck	23	5	Rp 58.463.852,20
Bulkhead	24	8	Rp 136.228.869,17

Dari tabel 13 dapat dilihat biaya penambahan setelah dilakukan percepatan di kegiatan yang memiliki nilai *cost slope* terendah yaitu bagian *After Hull dan Fore hull* maka penambahan biaya adalah sejumlah Rp 724.654.211,10

Sesuai dengan studi kasus, proyek ini mengalami keterlambatan 30 hari, karna keterlambatan terjadi pembengkakan biaya sebagai berikut :

Biaya jika terjadi keterlambatan

$$\text{Biaya keterlambatan} = \text{Biaya Kontrak Awal} = (0.001 \times \text{Biaya Kontrak Awal} \times 30)$$

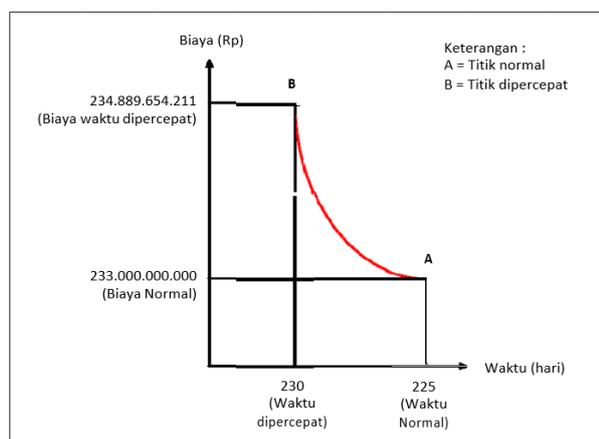
$$\text{Biaya keterlambatan} = \text{Rp } 233.000.000.000 + (0.001 \times \text{Rp } 233.000.000.000 \times 30) = 239.990.000.000,00$$

$$\text{Biaya Setelah Percepatan} = \text{Biaya Kontrak Awal} + (0.001 \times \text{Biaya Kontrak Awal} \times 5) + \text{biaya setelah percepatan}$$

Keterangan :

- 0.001 = biaya denda 1/10000 nilai kontrak per hari
- 5 jumlah hari keterlambatan setelah dilakukan percepatan

$$\begin{aligned} \text{Biaya Setelah Percepatan} &= \text{Rp } 233.000.000.000 + (0.001 \times \text{Rp } 233.000.000.000 \times 5) \\ &= \text{Rp } 234.889.654.211,10 \end{aligned}$$



Gambar 3. Hubungan Waktu – Biaya Normal dan Dipercepat

Gambar 3 menjelaskan bahwa jika durasi pekerjaan dilakukan percepatan maka akan terjadi kenaikan biaya dari biaya awal yang ditentukan sebelum dilakukan proses percepatan.

Berdasarkan seluruh perhitungan maka hasil akhir yang didapatkan adalah penghematan biaya setelah dilakukan percepatan yaitu biaya normal adalah Rp 233.000.000.000 dengan durasi waktu 225, setelah terjadi keterlambatan 30 hari biaya proyek mengalami pembengkakan menjadi Rp 239.990.000.000,00, dengan diterapkan percepatan metode *time cost trade off* maka dapat mengurangi biaya dan mempercepat waktu pengerjaan menjadi 25 hari dengan tambahan biaya Rp 234.889.654.211,10 .

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan proses penelitian, pengolahan dan perhitungan data maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut : 1) Proyek pembangunan Kapal Kelas I Kenavigasian bagian Hull & Outfitting terdapat 14 aktifitas yang berada pada lintasan kritis. 2) Alternatif percepatan yang dilakukan untuk mengatasi keterlambatan yaitu penambahan jam kerja lembur dan penambahan jumlah tenaga kerja. 3) *Crashing* program yang hanya dilakukan pada kegiatan kegiatan yang berada pada lintasan kritis dengan hasil *crashing* program adalah *crash duration, crash cost* dan *cost slope*. Analisa *time cost trade off* dengan mengadakan penekanan pada kegiatan kritis yang memiliki nilai *cost slope* terendah. 4) Percepatan yang dilakukan kegiatan yang memiliki *cost slope* terendah yaitu kegiatan di *after hull dan fore hull* dengan waktu optimum durasi proyek setelah percepatan 25 hari dan biaya optimum setelah percepatan Rp 724.654.211,10.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Kustiani, A.M.R Siregar, A.F Mela, "Analisis *Time Cost Trade Off* Untuk Mengejar Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Di Bandar Lampung." *Rekayasa: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung*, vol. 20, no. 2, pp. 89-100.2016.
- [2] L.K. Padaga, I. Rochani, dan Y Mulyadi, "Penjadwalan Berdasarkan Analisa Faktor Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Reparasi Kapal" : Studi Kasus

- MV.Blossom,” *Jurnal Teknik Kelautan*, Vol. 7, no.1, 2018.
- [3] R. Fauzan, “Analisis Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode *Time Cost Trade Off* pada Proyek Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Ulubelu Unit 3&4 Lampung,” Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [4] B. Santoso, Manajemen proyek : *Konsep & Implementasi*. Yogyakarta : Graha Ilmu, 2013.
- [5] B,Nurhadinata, “Optimalisasi Biaya dan Waktu dengan Metode *Time Cost Trade Off* pada Proyek Revitalisasi Gedung BPS Kota Gorontalo.” *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Universitas Negeri Gorontalo*, vol.1, no. 1, 2013.
- [6] Luthan dan Syafriandi, “Aplikasi Microsoft Project untuk Penjadwalan Kerja Proyek Teknik Sipil. CV. Andi Offset : Yogyakarta, 2016.
- [7] A.D.Susanto and O.S.Suharyo, “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),” vol. 9, no.2 , pp, 88-106, 2018.
- [8] P. M. Sumanto, “Analisa Percepatan Waktu dan Biaya Proyek Kontruksi Menggunakan Metode *Time Cost Trade Off* (Studi Kasus Pembangunan Prasarana Pengendalian Banjir),”*Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, vol. 19, no. 1, pp, 1-15, 2016.
- [9] M.Kareth, “Analisa Optimasi Waktu dan Biaya dengan Program Primavera 6.0 (Studi Kasus Proyek Pembangunan Puri Kelapa Gading),” *Junal Sipil Statik*, vol.1, no. 1, pp, 53-59, 2012.
- [10] J.S.Simatupang,”PengaruhPercepatan Durasi terhadap Waktu Pada Proyek Kontruksi(Studi Kasus pembangunan Persekolahan Eben Haezer Manado)”, *Jurnal Sipil Statik*, vol. 3, no. 5, pp, 2281-291, 2015.
- [11] Dipohusodo dan Istimawan,Manajemen Proyek & Konstruksi, “*Crashing And Time Cost Trade Off Analisis*” Yogyakarta: Mark kecil, 2005.
- [12] A.Frederika, “Analisa Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah Jam Kerja Optimum Pada Proyek Kontruksi. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol.14, no.2, 2010.