https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval

ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Percepatan Proyek Reparasi Kapal KT Tirtayasa II Terhadap Biaya Dengan Metode *Time Cost Trade Off*

Citra Tri Tunggal Dewi[1)], Imam Pujo Mulyatno[2)], Parlindungan Manik[3)]
[1)]Laboratorium Kapal-Kapal Kecil dan Perikanan
Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
[*)]e-mail : citratritunggaldewi@student.undip.ac.id

Abstrak

Pada penelitian tugas akhir ini, digunakan objek penelitian data proyek reparasi Kapal KT Tirtayasa II yang mengalami keterlambatan sehingga perlu dilakukan analisa terhadap percepatan proyek dengan menerapkan metode *Time Cost Trade Off*. Rencana awal perbaikan kapal memiliki total durasi 90 hari dengan total biaya sebesar Rp 4.779.683.380, 04 diperkirakan mengalami keterlambatan selama 15 hari. Penambahan jam kerja dipilih sebagai solusi untuk mengatasi keterlambatan dengan menerapkan empat skenario, skenario pertama tanpa dilakukan percepatan, skenario ke-dua menggunakan penambahan dua jam kerja lembur sebagai alternatif percepatan, skenario ke-tiga menggunakan tiga jam kerja lembur sebagai alternatif percepatan, dan skenario ke-empat penambahan empat jam kerja lembur sebagai alternatif percepatan. Hasil perhitungan diperoleh perbandingan keempat skenario, durasi optimal dengan penambahan biaya terkecil setelah dilakukan percepatan terjadi pada skenario 3 dengan total durasi 75 hari atau 15 hari lebih cepat dari durasi normal, dan biaya total yang diperlukan sebesar Rp 4.806.683.965,83 dengan penambahan biaya sebesar 0.53% dari biaya kontrak.

Kata Kunci *:* Biaya, Durasi, Optimal, *Time Cost Trade Off*

1. PENDAHULAN

Kapal merupakan salah satu alat transportasi laut dengan manfaat yang luas dalam berbagai sektor kehidupan. Sebagai moda transportasi laut, kapal dapat pula mengalami kerusakan yang disebabkan oleh berbagai macam faktor. Oleh sebab itu, perawatan dan perbaikan kapal perlu dilakukan dalam rangka mengoptimalkan kembali fungsi operasional kapal. Dalam hal ini, galangan kapal memiliki peranan yang penting, namun pada kenyataannya hingga saat ini masih banyak terjadi penyimpangan antara perencanaan dan realisasi baik ditinjau dari segi ketepatan waktu maupun biaya yang dikeluarkan. Oleh sebab itu, diperlukan adanya pengendalian dan perencanaan proyek yang baik.

Perencanaan proyek yang baik dan cermat akan mendorong tercapainya tujuan proyek secara maksimal. Kebutuhan sumber daya tentu berbeda-beda pada setiap proyek pekerjaan, namun perencanaan sumber daya dapat dihitung dengan pendekatan matematis yang memberikan hasil optimal [1].

Perencanaan dan penjadwalan yang telah dilakukan dalam suatu proyek tidak menutup kemungkinan terjadinya keterlambatan proyek. Keterlambatan proyek dapat diartikan sebagai terlampauinya durasi pengerjaan proyek dari kontrak yang telah disepakati oleh kontraktor atau pihak galangan dan pemilik proyek atau ship owner. Oleh karenanya percepatan proyek perlu dilakukan dalam rangka mengatasi keterlambatan proyek. Namun, percepatan proyek harus dilakukan secara teliti agar biaya yang dikeluarkan tidak terlalu besar dan harus memperhatikan standar mutu yang dihasilkan.

Time cost trade off ialah metode analisis yang dapat digunakan dalam percepatan proyek. Metode ini bertujuan untuk mempercepat waktu pengerjaan proyek serta menganalisa sejauh

mana proyek dapat dipercepat tanpa menimbulkan penambahan biaya yang besar [2].

Merujuk pada penelitian yang telah dilakukan, berdasarkan untuk kasus keterlambatan konstruksi pembangunan Gedung Indonesia yang menerapkan metode *Time Cost Trade Off* diperoleh durasi optimal 242 hari atau 24 hari lebih cepat dari durasi normal dengan penambahan biaya sebesar 0,41% [3].

Berdasarkan penelitian lain dengan metode pendekatan *time cost trade off* pada kasus keterlambatan pembangunan Kapal Kenavigasian Kelas 1, didapat hasil percepatan optimum 25 hari dengan biaya Rp. 724.654.211,10 [4].

Sementara pada penelitian dengan metode *Least Cost Scheduling* dengan alternatif penambahan jam kerja dihasilkan percepatan optimum pada penambahan 2 jam kerja dengan total durasi 220 dengan durasi normal 263 [5].

Pada penelitian lain yang menggunakan metode *time cost trade off* dengan alternatf percepatan penambahan jam kerja lembur serta jumlah alat didapat hasil total biaya optimum yang diperlukan yaitu Rp 39.236.409.113,12 dan total durasi optimum 191 hari dari durasi awal 245 hari dan biaya awal Rp 39.349.097.164,38 [6].

Penelitian dengan topik serupa yaitu *time cost trade off* yang dilakukan pada proyek perbaikan kapal KM Fajar Bahari V menghasilkan kesimpulan bahwa durasi optimal yang dibutuhkan adalah 14 hari dari *normal duration* 20 hari dengan *additional cost* sebesar 0,58% [7].

Penerapan metode *time cost trade off* pada penelitian sebelumnya yang menggunakan proyek pembangunan *mooring boat* sebagai objek penelitian menghasilkan kesimpulan untuk penambahan biaya adalah sebesar dua kali biaya normal atau tanpa penambahan jam kerja [8].

Pada penelitian lain dengan analisa biaya dan waktu untuk proyek konstruksi pembangunan gedung olahraga dengan penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja sebagai alternatif percepatan diperoleh hasil optimum untuk alternatif penambahan tenaga kerja selama tiga jam yaitu durasi optimal 57 hari dan biaya sebesar Rp 2.418.408.305,45 [9].

Pada penelitian tentang penerapan *project evaluation and review technique* (PERT) pada proyek perbaikan kapal KMP Royal Nusantara diperoleh kesimpulan bahwa peningkatan presentase rata-rata *manhour* pada alternatif penambahan jam kerja selama 4 jam lebih besar jika dibandingkan dengan alternatif penambahan tenaga kerja [10].

Pada penelitian tugas akhir ini, digunakan variabel dan objek penilitian yang berbeda dengan penelitian sebelumnya yaitu dengan melakukan percepatan pada seluruh aktivitas di lintasan kritis dengan menggunakan alternatif tiga macam penambahan jam kerja yang berbeda. Pada penelitian lain yang telah dilakukan sebelumnya digunakan variabel penambahan tenaga kerja dengan satu macam penambahan jam kerja dan hanya dilakukan percepatan pada beberapa kegiatan di lintasan kritis. Objek penelitian yang dipilih pada penelitian tugas akhir ini adalah proyek reparasi Kapal KT Tirtayasa II di PT Rukindo yang mengalami keterlambatan. Rencana awal perbaikan kapal ini dengan durasi pengerjaan 90 hari dan biaya sebesar Rp 4.779.683.380, 04. Proyek mengalami penyimpangan rancangan anggaran biaya dan waktu yang menunjukan kurang maksimal manajemen proyek sebagai kontrol dan pengendalian. Dari permasalahan tersebut, akan dilakukan analisa percepatan proyek dengan alternatif penambahan jam kerja dua jam, tiga jam, serta empat jam kerja sebagai solusi untuk keterlambatan proyek KT Tirtayasa II.

2. METODE

2.1 Objek Penelitian

Data proyek perbaikan kapal KT. Tirtayasa II digunakan sebagai objek penelitian dalam Tugas Akhir ini dengan menerapkan metode analisa *Time Cost Trade Off* guna mengetahui perbandingan durasi dan biaya yang diperlukan jika diterapkan percepatan pada proyek. Diperkirakan terjadi keterlambatan selama 15 hari pada proyek perbaikan kapal KT. Tirtayasa II dari durasi awal 90 hari menjadi 105 hari sehingga akan dilakukan *project crashing* pada aktivitas di lintasan kritis dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama dua jam, tiga jam dan empat jam untuk mengatasi keterlambatan tersebut.

Tabel 1. Ukuran Utama KT Tirtayasa II

Nama	Ukuran
Length Overall (LOA)	30.2 meter
Length Perpendicular (LPP)	27.93 meter
Breadth (B)	9.5 meter
Depth (T)	3.8 meter
Gross Tonnage	269 ton
Net Tonnage	81 ton

Tabel 1 menjelaskan data untuk ukuran utama kapal KT Tirtayasa II yang digunakan sebagai objek penelitian dalam penelitian tugas akhir ini.

2.2 Pengumpulan Data

Adapun data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini antara lain:

1) Ukuran Utama Kapal
2) Data Umum Proyek
3) Jadwal Pengerjaan Proyek
4) RAB Proyek

2.3 Pengolahan Data

Dalam pengerjaan tugas akhir ini dilakukan beberapa tahapan, berikut merupakan tahapan yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini :

1) Menentukan hubungan antar aktivitas pada proyek (*predecessor*) sesuai dengan jadwal dan durasi yang telah tercantum dalam *time schedule*
2) Membuat jaringan kerja proyek reparasi kapal KT. Tirtayasa II dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Microsoft Project*
3) Menentukan lintasan kritis dan aktivitas kritis pada proyek reparasi kapal KT. Tirtayasa II dengan bantuan perangkat lunak *Microsoft Project*
4) Menghitung produktivitas normal pada setiap aktivitas kritis
5) Melakukan perhitungan *crash duration*
6) Melakukan perhitungan *crash cost*
7) Menentukan *cost slope* pada aktivitas yang dilakukan *crashing*
8) Melakukan analisa dengan metode *Time Cost Trade Off*
9) Menentukan durasi optimum pengerjaan proyek perbaikan kapal KT. Tirtayasa II dan besar biaya yang dibutuhkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang telah dianalisa lalu akan dilakukan analisis dan perhitungan dengan tahapan sebagai berikut :

3.1 Menentukan *predecessor dan* hubungan antar aktivitas

Dari data yang telah diperoleh yaitu jadwal pengerjaan proyek perbaikan kapal KT. Tirtayasa II dapat ditentukan hubungan antar aktivitas (*predecessor*). Setelah diketahui hubungan antar aktivitas pada seluruh kegiatan proyek, maka dapat disusun jaringan kerja (*Network Diagram*), jaringan kerja merupakan teknik yang digunakan dalam merencanakan, menjadwalkan dan melakukan pengawasan terhadap aktivitas pekerjaan dalam proyek dengan menggunakan pendekatan waktu dan biaya yang dinyatakan dalam simbol serta diagram [11]. Dalam sebuah proyek, jaringan kerja berperan untuk memberikan informasi tentang kegiatan pada proyek tersebut dan menggambarkan hubungan antar kegiatan yang terdapat pada proyek[12]., proses penyusunan jaringan kerja dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Microsoft Project*.

3.2 Menentukan Aktivitas Kritis

Jalur kritis ialah lintasan yang terdiri atas rangkaian kegiatan kritis atau kegiatab yang jika terjadi keterlambatan dapat menyebabkan keterlambatan durasi pengerjaan proyek secara keseluruhan [13]. *Critical path method* juga dapat diartikan sebagai bagian kritis pada rangkaian kegiatan dalam sebuah proyek.

Berdasarkan data yang diketahui yaitu *normal duration* maka aktivitas kritis proyek perbaikan kapal KT. Tirtayasa II dapat diketahui dengan menggunakan bantuan *software*, digunakan *Microsoft Project* untuk menentukan aktivitas kritis.

Tabel 2. Aktivitas Kritis

Job Code	Aktivitas Kritis	Durasi (Hari)
1	*Docking Report*	1
6	*Fire Guard, Supervision and Watch Keeping*	62
8	*Electric Power Supply*	62
9	*Supply of Fresh Water*	62
11	*Docking*	1
13	*Dry docking charge, per day*	44
14	*Floating charge for floating repair, per day*	7
15	*Floating charge for floating repair, per day*	10
16	*Mooring Operation*	1
17	*Mooring Unmooring Operation*	1
18	*Unmooring Operation*	1
33	*Dismantle and install tire fender, if any demage material owner supply*	3
37	*Dismantle and install pad eye for fender, t : 18 mm, estimate*	10
38	*Maintenance man hole/deck sheel*	8
42	*Renew ladder step*	8
52	*Take out sea chest greating, PS-C-SB (3 set)*	3
54	*Hull blasting & painting*	18
58	Fabrication & install anode foundation	10
59	Fabrication & install anode foundation	7
60	*Install anode for hull (P/S)*	4
62	Fabrication anode foundation	10
63	Install anode foundation	7
64	*Install anode for water ballast tk C., material owner supply*	4
112	*Renew fire deck wash pipe/springkle, P/S*	7
130	*Renew suction pipe for bilge*	2
131	*Renew foundation of engine room floor (knock down system)*	9
144	*Renew filling pipe SCH 80 dia 2½" with cap*	14
150	*Maintenance exhaust pipe, funnel / bridge deck*	6

Tabel 2 merupakan daftar aktivitas kritis beserta kode pekerjaan dan durasi yang dinyatakan dalam hari. Diperoleh total aktivitas kritis 28 dari keseluruhan 159 pekerjaan. Selanjutnya akan dilakukan percepatan pada 28 aktivitas kritis tersebut dengan menerapkan alternatif penambahan jam kerja yaitu dua jam, tiga jam dan empat jam.

3.3 Perhitungan Produktivitas Harian Normal

Produktivitas merupakan perbandingan antara *output* dan *input*, atau dapat disebut juga perbandingan antara hasil produksi dan *total resource* yang diperlukan. Produktivitas harian normal perlu dihitung pada lintasan kritis sebelum melakukan analisa *Time Cost Trade Off* agar dapat dilakukan perbandingan produktifitas sebelum dan sesudah dilakukan *crashing*.

Nilai produktivitas harian untuk setiap pekerjaan dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 1.

$$\text{Produktivitas Harian Normal} : \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Durasi Pekerjaan}} \quad (1)$$

Nilai produktivitas harian normal untuk setiap pekerjaan dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 1, dari data volume kegiatan dan durasi yang ada maka diperoleh hasil perhitungan produktivitas harian normal.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Prod. Harian

Job Code	Produktivitas Harian Normal (*Unit/Days*)	Produktivitas Harian Normal Per Jam (*Unit/Hours*)
1	6,000	0,75
6	1,000	0,125
8	1,000	0,125
9	2,419	0,302419355
11	1,000	0,125
13	1,000	0,125
14	1,000	0,125
15	1,000	0,125
16	1,000	0,125
17	1,000	0,125
18	1,000	0,125
33	170,000	21,25
37	8,000	1
38	2,750	0,34375
42	4,125	0,515625
52	1,000	0,125
54	18,666	2,333194444
58	2,100	0,2625
59	4,286	0,535714286
60	17,750	2,21875
62	5,049	0,631125
63	2,404	0,300535714
64	2,805	0,350625
112	3,571	0,446428571
130	1,500	0,1875
131	1,078	0,134722222
144	1,225	0,153169643
150	4,710	0,58875

Tabel 3 menjelaskan hasil untuk perhitungan produktivitas harian normal pada seluruh aktivitas di lintasan kritis yang dinyatakan dalam satuan unit per hari dan unit per jam. Nilai dari hasil perhitungan produktivitas harian pada setiap aktivitas tergantung pada satuan volume pekerjaan setiap aktivitas.

3.4 Melakukan Percepatan Proyek

Alternatif percepatan proyek dilakukan sebagai salah satu upaya untuk menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu yang telah dijadwalkan dan disetujui pada kontrak. Sebelum melakukan *project crashing*, perlu disusun rencanan percepatan pada aktivitas di jalur kritis, kemudian akan dihitung nilai *crash duration, crash cost*, serta *cost slope*.

Dalam tugas akhir ini digunakan variasi penambahan jam kerja(lembur) sebagai alternatif percepatan proyek perbaikan kapal KT. Tirtayasa II. Beberapa hal yang mungkin terjadi akibat penambahan jam kerja antara lain; kondisi tenaga kerja yang sudah tidak optimal, kondisi malam hari yang lebih gelap, serta udara yang dingin pada saat malam hari khususnya di daerah sekitar pantai.

3.5 Perhitungan *Crash Duration* Setelah Dilakukan Percepatan Proyek

Crash duration ialah durasi yang dibutuhkan untuk terselesaikannya sebuah proyek setelah dilakukan usaha tertentu sehingga waktu yang dibutuhkan lebih singkat dari durasi normal. Digunakan variabel percepatan proyek penambahan jam kerja (lembur) di setiap aktivitas kritis dengan variasi penambahan dua jam lembur, tiga jam lembur, dan empat jam lembur. *Crash duration* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 3.

$$\textbf{Produktivitas sesudah } \textit{Crashing} \;:\; \textbf{Prod. Harian normal + Prod. Akibat penambahan jam kerja} \quad (2)$$

$$\textbf{\textit{Crash Duration}} \;:\; \frac{\textbf{\textit{Volume}}}{\textbf{\textit{Prod. Sesudah Crashing}}} \quad (3)$$

Dengan menggnakan persamaan 2 maka akan diperoleh nilai produtivitas harian setelah *crashing*, nilai crash duration dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 3 berdasarkan nilai produktivitas setelah *crash* yang telah diperoleh.

Hasil perhitungan *crash duration* untuk alternatif percepatan penambahan dua, tiga dan empat jam kerja lembur tersaji dalam tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Crash Duration*

Job Code	***Normal Duration* (Jam)**	***Crash Duration* (Jam)**		
		2 Jam	3 Jam	4 Jam
1	24	20	19	18
6	1488	1240	1179	1145
8	1488	1240	1179	1145
9	1488	1240	1179	1145
11	24	20	19	18
13	1056	880	836	812
14	168	140	133	129
15	240	200	190	185
16	24	20	19	18
17	24	20	19	18
18	24	20	19	18
33	72	60	57	55
37	240	200	190	185
38	192	160	152	148
42	192	160	152	148
52	72	60	57	55
54	432	360	342	332
58	240	200	190	185
59	168	140	133	129
60	96	80	76	74
62	240	200	190	185
63	168	140	133	129
64	96	80	76	74
112	168	140	133	129
130	48	40	38	37
131	216	180	171	166
144	336	280	266	258
150	144	120	114	111

Setelah percepatan dengan penambahan 2 jam, 3 jam, dan 4 jam kerja sebagai alternatif percepatan akan terjadi perubahan durasi total pekerjaan dari durasi normal. Durasi normal dan durasi setelah percepatan dinyatakan dalam satuan jam pada tabel 4. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh nilai selisih *crash duration* dan *normal duration* terbesar pada alternatif penambahan empat jam kerja dan selisih terkecil pada alternatif penambahan dua jam kerja.

3.6 Perhitungan *Crash Cost* Setelah Dilakukan Percepatan

Crash cost ialah total biaya yang diperlukan dalam penyelesaian sebuah proyek setelah dilakukan *project crashing* atau percepatan durasi. Sebelum menghitung nilai *crash cost*, maka perlu diketahui terlebih dahulu upah kerja setelah *crashing*. Mengacu pada keputusan menteri tenaga kerja No 102 tahun 2004 KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 11 perhitungan total gaji lembur dapat dilakukan sebagai berikut :

Lembur 1 jam : total gaji perjam x 1.5 Upah kerja setelah *crashing* dan *crash cost* dapat diperoleh dengan persamaan menggunakan persamaan 8.

Normal cost	**:**	durasi normal x upah normal per hari	(4)
Upah lembur	**:**	(1.5 x upah normal per hari)	(5)
Upah total per hari	**:**	Upah Normal per hari + Upah lembur	(6)
Total upah akibat lembur	**:**	upah total per hari x *crash duration*	(7)
Crash cost	**:**	**Total upah akibat lembur + Biaya Bahan**	(8)

Dengan menggunakan persamaan 8 maka akan diperoleh nilai *crash cost* untuk setiap kegiatan setelah dilakukan *crashing.*

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Crash Cost*

Job Code	Crash Cost (Rp)		
	2 jam	3 jam	4 jam
1	4.442.861,53	4.675.947,95	4.934.295,95
6	23.020.664,06	25.686.423,27	28.641.093,75
8	11.619.492,19	12.965.012,38	14.456.358,17
9	41.518.593,75	46.326.386,14	51.655.240,38
11	8.481.250,00	9.463.366,34	10.551.923,08
13	29.073.437,50	32.440.099,01	36.171.634,62
14	5.937.614,89	6.625.182,00	7.387.266,69
15	8.482.306,99	9.464.545,72	10.553.238,12
16	1.315.761,72	1.468.125,00	1.637.001,20
17	2.631.523,44	2.936.250,00	3.274.002,40
18	1.315.761,72	1.468.125,00	1.637.001,20
33	197.153.804,69	199.132.373,76	201.325.377,40
37	16.394.375,00	18.026.019,80	19.834.500,00
38	18.790.412,50	20.106.614,85	21.565.465,38
42	12.894.412,50	13.833.748,51	14.874.888,46
52	733.359,38	802.648,51	879.447,12
54	52.309.347,79	55.441.729,67	58.913.594,75
58	7.368.292,97	7.800.226,49	8.278.972,36
59	10.526.132,81	11.143.180,69	11.827.103,37
60	15.343.710,73	15.760.818,59	16.223.132,01
62	3.157.839,84	3.342.954,21	3.548.131,01
63	331.253,91	369.612,62	412.128,61
64	220.835,94	246.408,42	274.752,40
112	43.215.091,61	45.084.068,02	47.155.601,49
130	2.133.820,94	2.225.511,49	2.327.139,33
131	7.411.979,17	7.946.039,60	8.537.980,77
144	1.143.879,30	1.193.031,93	1.247.511,66
150	108.750,00	112.079,2	115.769,23

Penambahan biaya total akibat percepatan akan terjadi untuk setiap pekerjaan di lintasan kritis. Tabel 5 merupakan hasil perhitungan untuk *crash cost* pada alternatif penambahan dua jam, tiga jam, dan empat jam kerja. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh *crash cost* tertinggi terjadi pada penambahan empat jam kerja dan *crash cost* terendah pada penambahan dua jam kerja.

3.7 Perhitungan *Cost Slope*

Cost Slope merupakan besarnya biaya tambahan yang timbul akibat dilakukannya percepatan dalam suatu aktivitas pada proyek tertentu. Setelah dilakukan project crashing dan dilakukan perhitungan untuk nilai *crash cost* dan *crash duration*, maka nilai *cost slope* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 9.

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

Hasil perhitungan *cost slope* untuk alternatif percepatan penambahan dua, tiga dan empat jam kerja lembur tersaji dalam tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan *Cost Slope*

Job Code	*Cost Slope* (Rp)		
	2 Jam	3 Jam	4 Jam
1	-	-	-
6	368.072	501.833	658.656
8	185.782	253.296	332.451
9	663.832	905.074	1.187.909
11	-	-	-
13	655.014	893.052	1.172.131
14	840.855	1.146.429	1.504.688
15	840.855	1.146.429	1.504.688
16	-	-	-
17	-	-	-
18	-	-	-
33	2.822.955	7.697.681	10.103.206
37	1.396.785	1.904.389	2.499.510
38	1.408.434	1.920.271	2.520.356
42	1.005.159	1.370.443	1.798.706
52	197.719	269.571	353.813
54	1.489.725	2.031.104	2.665.824
60	892.673	1.217.078	1.597.415
64	54.729	74.618	97.936
112	2.285.650	3.116.275	4.090.110
130	-	-	-
131	507.986	692.593	909.028
144	30.055	40.978	53.783
150	4.750	6.476	8.500

Pada tabel 6 nilai *cost slope* untuk setiap kegiatan di lintasan kritis dinyatakan dalam rupiah, terdapat enam kegiatan dengan cost slope bernilai nol, hal ini disebabkan karena pada kegiatan tersebut tidak dilakukan percepatan karena selisih *crash duration* dengan *normal duration* bernilai kurang dari 1 hari atau 24 jam.

3.8 Analisa Percepatan Proyek dengan Metode *Time Cost Trade Off*

Time Cost Trade Off merupakan proses yang dilakukan secara sengaja, sistematis, dan analitik dengan cara menguji seluruh kegiatan proyek pada lintasan kritis guna memperoleh durasi dan biaya optimal pada percepatan proyek yang telah dilakukan.

Setelah diperoleh nilai *cost slope* pada setiap aktivitas di lintasan kritis, maka dapat diketahui biaya total untuk setiap pekerjaan. Analisis *Time Cost Trade Off* dilakukan dengan menggunakan empat skenario. Skenario 1 tanpa dilakukan percepatan, skenario 2, 3, dan 4 dengan menggunakan alternatif percepatan proyek dengan penambahan 2 jam kerja, 3 jam kerja, dan 4 jam kerja :

1) Skenario 1 : Tanpa percepatan proyek
   Total Cost : Rp 4.779.683.380,04
   Total Duration : 90 hari
2) Skenario 2 : Alternatif penambahan dua jam kerja lembur
   Total Cost : Rp 4.796.664.163,83
   Total Duration : 78 hari
3) Skenario 3 : Alternatif penambahan tiga jam kerja lembur
   Total Cost : Rp 4.806.683.965,83
   Total Duration : 75 hari
4) Skenario 4 : Alternatif penambahan empat jam kerja lembur
   Total Cost : Rp 4,815,121,648.89
   Total Duration : 70 hari

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan analisa keterlambatan proyek dengan menggunakan metode *earn value analysis* dengan hasil perhitungan *schedule performance index* (SPI) bernilai 0.85 (kurang dari satu), berdasarkan SPI yang bernilai kurang dari 1 maka waktu pelaksanaan diperkirakan terlambat dari jadwal yang direncanakan. *Schedule Performance Index* (SPI) didapat dari perbandingan *Earned Value* (EV) dengan *Plan Value* (PV). Hasil estimasi waktu penyelesaian proyek berdasarkan biaya pada peninjauan terakhir adalah 105 hari, yang berarti proyek mengalami keterlambatan 15 hari dari kontrak awal 90 hari[14].

Mengacu pada PERPRES Nomor 16 Tahun 2018, jika terjadi keterlambatan penyelesaian pekerjaan, pihak galangan akan dikenakan denda 1 $^{0}/_{00}$ (satu permil) dari nilai kontrak atau 1 $^{0}/_{00}$ (satu permil) dari nilai bagian kontrak untuk setiap hari keterlambatan.

Apabila proyek diperkirakan mengalami keterlambatan 15 hari, maka biaya total yang akan dikeluarkan jika tidak dilakukan percepatan adalah senilai Rp 4.851.378.630,74.

Biaya keterlambatan = Biaya kontrak awal + (0.001 x biaya kontrak x 15)

= Rp 4.779.683.380,04 + (0.001 x Rp 4.779.683.380,04 x 15)

= Rp 4.851.378.630,74

Tabel 7. Skenario dan Total Durasi

No	Skenario	Total Durasi
1	Tanpa Percepatan Proyek	90
2	Penambahan 2 jam	78
3	Penambahan 3 jam	75
4	Penambahan 4 jam	70

Tabel 7 merupakan hasil perhitungan durasi total untuk seluruh pekerjaan sebelum dan setelah dilakukan percepatan jika tidak terjadi keterlambatan proyek. Pada tabel 7 menunjukan bahwa untuk keempat skenario durasi terpendek terjadi pada skenario percepatan 4 dengan total durasi 70 hari atau 20 hari lebih cepat dari durasi normal.

Tabel 8. Total Cost dan Biaya akibat keterlambatan

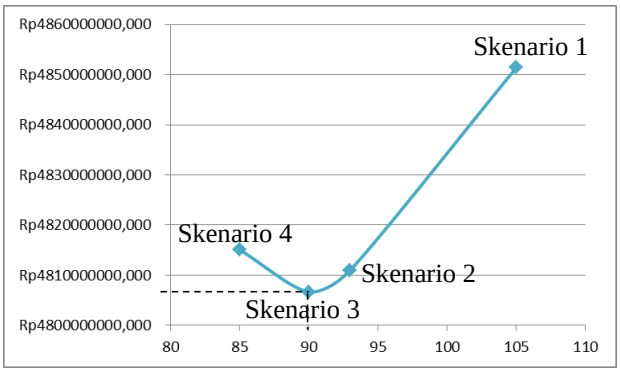
No	*Total Cost* (Rp)	*delay (days)*	Biaya akibat keterlambatan (denda)
1	4.779.683.380,04	15	71.695.250,70
2	4.796.664.163,83	15	14.339.050,14
3	4.806.683.965,83	15	-
4	4.815.121.648,89	15	-

Tabel 8 merupakan perhitungan jika terjadi keterlambatan proyek selama 15 hari untuk keempat skenario percepatan. Berdasarkan data yang tersaji dalam tabel 8, skenario 3 dan skenario 4 tidak mengalami pertambahan biaya akibat denda keterlambatan proyek, yang berarti durasi akhir pada skenario 3 dan 4 jika terjadi keterlambatan adalah ≤ 90 hari. Sehingga dengan menerapkan skenario percepatan 3 atau 4 keterlambatan proyek dapat dihindari sehingga proyek tetap selesai 90 hari atau lebih cepat.

Tabel 9. *Final Cost* dan *Final Duration*

No	*Final Cost*	*Final duration*
1	4.851.378.630,74	105
2	4.811.003.213,97	93
3	4.806.683.965,83	90
4	4.815.121.648,89	85

Tabel 9 merupakan hasil perhitungan untuk biaya total akhir dan durasi total akhir pada keempat skenario percepatan jika proyek mengalami keterlambatan. Biaya total akhir (*Final Duration*) merupakan hasil penjumlahan *total cost* dengan biaya akibat denda keterlambatan proyek. Dari tabel 9 dapat diketahui bahwa biaya total akhir terkecil untuk menyelesaikan proyek terdapat pada skenario 3 dengan alternatif percepatan penambahan 3 jam kerja sedangkan biaya total akhir terbesar untuk menyelesaikan proyek terjadi pada skenario 1 yaitu tanpa percepatan proyek.



Gambar 1. Kurva hubungan biaya dan waktu setelah dilakukan analisa percepatan

Gambar 1 merupakan kurva hubungan durasi dan biaya total akhir setelah dilakukan percepatan proyek pada skenario 1, skenario 2, skenario 3, dan skenario 4. Dipilih skenario paling optimal yaitu skenario 3 karena pertambahan biaya terendah terjadi pada skenario 3.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan analisa keterlambatan proyek dengan metode *earn value analysis*, hasil penelitian tersebut menunjukan bahwa proyek perbaikan kapal KT. Tirtayasa II diperkirakan akan mengalami keterlambatan selama 15 hari.

Setelah dilakukan analisa dan pengolahan data pada proyek reparasi kapal KT. Tirtayasa II yang mengalami keterlambatan selama 15 hari diperoleh kesimpulan bahwa waktu optimal untuk percepatan durasi proyek perbaikan kapal KT. Tirtayasa II adalah 75 hari dari total durasi normal 90 hari atau 90 hari dari durasi normal 105 hari jika terjadi keterlambatan dengan alternatif percepatan penambahan tiga jam kerja pada aktivitas di jalur kritis. Sedangkan biaya optimal yang dibutuhkan untuk menghindari keterlambatan proyek perbaikan kapal KT. Tirtayasa II adalah Rp 4.806.683.965,83 dengan penambahan biaya terkecil yaitu 0.53% dari biaya kontrak Rp 4.779.683.380,04 dengan menggunakan alternatif percepatan penambahan tiga jam kerja pada aktivitas di jalur kritis.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. B. Siswanto dan M. A. Salim, *Manajemen Proyek*, Semarang: CV. Pilar Nusantara, 2019.

[2] E. Elbeltagi, *Construction Project Management*, Mansoura: Faculty of Engineering Mansoura University, 2009.

[3] M. Priyo dan M. R. Aulia, "Aplikasi Metode *Time Cost Trade Off* Pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia", *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, vol.18, no.1, pp. 30-43 Mei 2015.

[4] A. Muharani, I. P. Mulyatno, dan S. J. Sisworo, "Optimasi Percepatan Proyek Pembangunan Kapal Kelas I Kenavigasian dengan Metode Pendekatan Analisa *Time Cost Trade Off*", *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol.8, no.3, pp. 330-338, Juli 2020.

[5] I. Pratama, "Optimalisasi Penjadwalan Proyek dengan Metode *Least Cost Scheduling*", *Undergraduate Thesis*, Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, 2019.

[6] R. W. Kisworo, F. S. Handayani, dan Sunarmasto, "Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode *Time Cost Trade Off* dengan Penambahan Jam Kerja Lembur dan Jumlah Alat", *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, vol.5, no.3, pp.766-776, September 2017.

[7] 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.

[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] M. Priyo dan M. R. A. Paridi, "Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode *Time Cost Trade Off* pada Proyek Konstruksi Pembangunan Gedung Olah Raga (GOR)", *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, vol.21, no.1, pp. 72-84 Mei 2018.

[10] A. C. Armela, W. Amiruddin, dan E. S. Hadi, "Implementasi *Project Evaluation and Review Technique* (PERT) Pada Penjadwalan Reparasi Kapal KMP Royal Nusantara", *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol.10, no.2, pp. 68-76, April 2022

[11] H. A. Rani, *Manajemen Proyek Konstruksi*, Sleman: Deepublish, 2016.

[12] T. H. Ali, *Prinsip-prinsip Network Planning*, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 1995.

[13] G. Rindo, *Teknik Produksi Kapal*, Semarang: Buku Ajar, Jurnal Teknik Perkapalan Undip, 2011.

[14] M. Rizqie, W. Amiruddin, dan Kiryanto, "Analisa Waktu Dan Biaya Dengan Menggunakan Metode *Earn Value Analysis* Pada Proyek Reparasi Kapal KT Tirtayasa II", *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol.10, no.2, pp.45-51, April 2022.