



OPTIMALISASI PENJADWALAN ULANG PADA PEMBANGUNAN *CREW BOAT* DENGAN METODE *TIME COST TRADE OFF* (TCTO)

Hamida Zulfa Sarah¹, Fitri Hardiyanti², dan Yesica Novrita Devi³

¹Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

²Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

³Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

E-mail: ¹hamidah.zul27@gmail.com

Abstract

In project development, time and cost are very important factors, because the project can run according to plan. One of the reasons for conducting research on the crew boat construction project at one of the shipyards located in East Java. With a contract value of Rp57,203,300,000 and an agreed time of 250 days. But in the field there was a delay of 22 days, to overcome the delay an analysis was carried out using the Time Cost Trade Off method, and the application of crashing. By using the alternative of adding 3 hours of work (overtime) and alternative shifts. The results of this study show that applying the alternative of 3 working hours results in an optimum cost of Rp57,384,361,320 with an optimum time of 241 days. Meanwhile, the alternative of adding shifts resulted in an optimum cost of Rp59,051,420,070. with an optimum time of 205 days.

Keywords: *Crashing Program, Precedence Diagram Method, Time Cost Trade Off*

PENDAHULUAN

Kapal adalah jenis transportasi maritim yang memiliki banyak keuntungan dalam berbagai bidang kehidupan. Galangan kapal memiliki peranan penting dalam pembangunan, pemeliharaan, dan perbaikan kapal. Galangan kapal harus memenuhi persyaratan yang diperhitungkan oleh pemilik saat menentukan harga jual, ketepatan, kecepatan, dan kapasitas galangan untuk memproduksi dengan tetap mempertahankan standar sumber daya manusia yang tinggi.

Pada penelitian ini, objek penelitian yang dipilih adalah pembangunan kapal dari sebuah perusahaan galangan kapal yang berlokasi di Jawa Timur. Pelaksanaan pembangunan *crew boat* dimulai pada bulan Februari 2022 dan direncanakan selesai pada bulan Februari 2023, namun pada bulan Januari 2023 pembangunan masih berjalan 89,53% dimana pada bulan tersebut rencana pembangunan sebesar 95,6%. Maka dari itu dibutuhkan percepatan agar tidak terjadi keterlambatan.

Time Cost Trade Off merupakan kompresi jadwal untuk mendapatkan proyek yang lebih menguntungkan dari segi waktu (durasi), dan biaya. Tujuannya adalah

memampatkan proyek dengan durasi yang dapat diterima dan meminimalisasi biaya total proyek. Percepatan dilakukan dengan memilih aktivitas tertentu berada pada jalur kritis. Dengan dilakukannya penambahan jam kerja terjadi percepatan waktu dalam pengerjaannya, akan tetapi terjadi penambahan biaya.

METODE PENELITIAN

Objek penelitian ini yaitu pelaksanaan proyek pembangunan *crew boat* di galangan Jawa Timur. Anggaran biaya untuk menyelesaikan proyek pembangunan kapal *crew boat* sebesar Rp57.203.300.000, waktu pelaksanaan pembangunan 272 hari (Maret 2022 – Februari 2023). Adapun data umum *crew boat*, yaitu

LOA : 40.50 meter

Beam : 7.60 meter

Depth : 3.65 meter

GRT : Abt 240 GT

Main Engine Power : 3 x 1500 HP

Offshore Personnel Seating : 108 Seats

Berikut tahapan yang dilakukan dalam mengolah data:

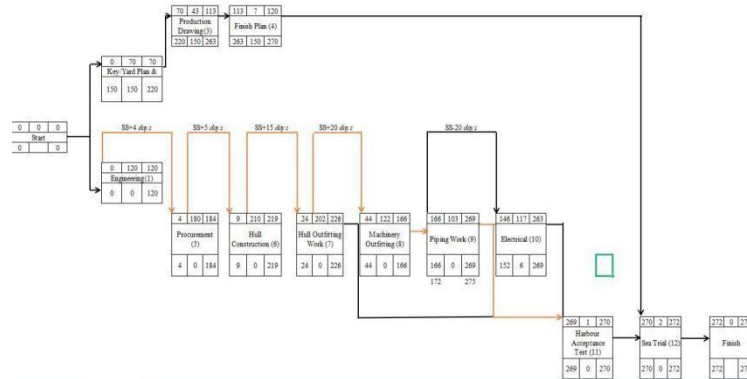
- a. Menentukan urutan aktivitas pekerjaan dengan hubungan antar kegiatan sehingga akan diperoleh *predecessor* dan *successor* untuk tiap pekerjaan serta durasi pada setiap pekerjaan.
- b. Melakukan penyusunan *network diagram* dengan memasukkan *time schedule* dan durasi setiap pekerjaan berdasarkan keterkaitan antar kegiatan, kemudian gunakan aplikasi *Microsoft Project* untuk menentukan jalur kritis.
- c. Menentukan produktivitas untuk tiap pekerjaan yang berada pada jalur lintasan kritis.
- d. Menghitung 3 jam kerja (lembur) dan shift dalam perhitungan *crash duration*. Dilanjutkan menghitung *crash cost* dan *cost slope*.

Menentukan waktu dan biaya yang optimum setelah dilakukan percepatan dengan penambahan jam lembur maupun shift.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penyusunan *Network Diagram*

Network diagram digunakan untuk menganalisis hubungan antara kegiatan berdasarkan *time schedule*. *Network diagram* dilakukan dengan aplikasi *Ms. Project* digunakan untuk mendapatkan aktivitas kritis, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Lintasan Kritis

Berdasarkan Gambar 1 yang termasuk pada aktivitas kritis adalah pekerjaan *procurement*, *hull construction*, *hull outfitting work*, *machinery outfitting*, *piping work*, *electrical*, *harbour acceptance test*, dan *sea trial*.

2. Perhitungan Produktivitas Harian

Tujuan dari produktivitas adalah untuk menghitung produktivitas harian dari pekerjaan yang berada di jalur kritis. Rumus di bawah ini dapat digunakan untuk mendapatkan nilai produktivitas:

$$\text{Produktivitas harian} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Durasi Normal}}$$

Tabel 1 menunjukkan perhitungan produktivitas harian yang diambil dari pekerjaan yang berada pada di jalur kritis.

Tabel 1
Produktivitas Harian

No.	Nama Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi (Hari)	Produktivitas Harian
1	<i>Engineering</i>	1 Set	120	0,0083
2	<i>Procurement</i>	2 Unit	180	0,0111
3	<i>Hull Construction</i>	45.545 Kg	210	216,8810
4	<i>Hull Outfitting Work</i>	464 Unit	202	2,2970
5	<i>Machinery Outfitting</i>	43 Unit	122	0,3525
6	<i>Piping Work</i>	15 Shipset	103	0,1456

3. Alternatif Percepatan

Alternatif percepatan proyek adalah strategi untuk mempersingkat durasi kegiatan proyek, sehingga dapat diselesaikan lebih cepat dari jadwal dan mencegah penundaan penyelesaian proyek. Dalam studi ini, terdapat alternatif percepatan, yakni:

1) Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Penambahan jam kerja merupakan salah satu metode untuk memperpendek durasi. Penambahan jam kerja dilakukan sebanyak 3 jam dari pukul 18.00 – 21.00. Tambahan 3 jam kerja dapat mengakibatkan penurunan produktivitas hingga 70% dari hari kerja biasa. Besar produktivitas setelah penambahan jam kerja didapatkan dari:

Produktivitas setelah *crash* = Prod. harian normal + (Prod. perjam × Koef. penurunan produktivitas × Durasi).

Tabel 2 berisi perhitungan produktivitas setelah melakukan penambahan jam kerja untuk setiap pekerjaan yang berada di lintasan kritis.

Tabel 2
Produktivitas Setelah Penambahan Jam Kerja

No.	Nama Pekerjaan	Produktivitas Harian	Produktivitas Perjam	Produktivitas Setelah <i>Crash</i>
1	<i>Engineering</i>	0,0083	0,0010	0,01
2	<i>Procurement</i>	0,0111	0,0014	0,014
3	<i>Hull Construction</i>	216,8810	27,11	273,81
4	<i>Hull Outfitting Work</i>	2,2970	0,287	2,9
5	<i>Machinery Outfitting</i>	0,3525	0,0441	0,44
6	<i>Piping Work</i>	0,1456	0,1839	0,18

2) Penambahan Shift

Dengan menambahkan shift, waktu penyelesaian proyek juga dapat dipersingkat. Ada dua shift yang digunakan yakni malam dan pagi. Persamaan di bawah ini digunakan untuk mencari nilai produktivitas setelah *crash*.

Produktivitas setelah *crash* = Produktivitas harian × Jumlah shift

Pada Tabel 3 berisi perhitungan produktivitas untuk setiap aktivitas dalam pekerjaan yang berada di lintasan kritis setelah ditambahkan shift.

Tabel 3
Produktivitas Harian Setelah Penambahan Shift

No.	Nama Pekerjaan	Produktivitas Harian	Produktivitas Setelah <i>Crash</i>
1	<i>Engineering</i>	0,0083	0,0167
2	<i>Procurement</i>	0,0111	0,0222
3	<i>Hull Construction</i>	216,8810	433,7619
4	<i>Hull Outfitting Work</i>	2,2970	4,5941
5	<i>Machinery Outfitting</i>	0,3525	0,7049
6	<i>Piping Work</i>	0,1456	0,2913

4. *Crash duration*

Crash duration adalah jumlah waktu paling sedikit yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap aktivitas. Produktivitas meningkat apabila dilakukan percepatan, maka perhitungan *crash duration* diperlukan karena terdapat perubahan durasi awal menjadi lebih cepat adanya pengaruh produktivitas.

Persamaan untuk menghitung besar nilai *crash duration*, sebagai berikut:

$$\text{Crash duration} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas setelah crash}}$$

Besar nilai *crash duration* pada setiap pekerjaan pembangunan *crew boat* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4
Perhitungan *Crash duration* Pada Pekerjaan Crew Boat

No.	Nama Pekerjaan	Produktivitas <i>Crash</i> Penambahan Jam Kerja	<i>Crash duration</i> Penambahan Jam Kerja	Produktivitas <i>Crash</i> Penambahan Shift	<i>Crash duration</i> Penambahan Shift
1	<i>Engineering</i>	0,01	96	0,0167	60
2	<i>Procurement</i>	0,014	143	0,0222	91
3	<i>Hull Construction</i>	273,81	167	433,7619	105
4	<i>Hull Outfitting Work</i>	2,9	160	4,5941	101

Tabel 4
Perhitungan *Crash duration* Pada Pekerjaan Crew Boat

No.	Nama Pekerjaan	Produktivitas <i>Crash</i> Penambahan Jam Kerja	<i>Crash duration</i> Penambahan Jam Kerja	Produktivitas <i>Crash</i> Penambahan Shift	<i>Crash duration</i> Penambahan Shift
5	<i>Machinery Outfitting</i>	0,44	97	0,7049	61
6	<i>Piping Work</i>	0,18	82	0,2913	52

5. *Crash cost*

Besar biaya yang harus dikeluarkan secara langsung untuk menyelesaikan aktivitas setelah dilakukan percepatan disebut *crash cost*. Alternatif percepatan yang digunakan yaitu penambahan 3 jam kerja (lembur) dan penambahan shift.

1) Alternatif Penambahan 3 Jam Kerja (Lembur)

a. Menghitung Biaya Penambahan 3 Jam Kerja (Lembur)

= ((1,5 x upah perjam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) pertama) + (2 x jumlah penambahan jam kerja (lembur) x upah perjam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) berikutnya)).

b. Menghitung *Crash cost*

= Biaya normal + Biaya penambahan jam kerja (lembur)

Tabel 5
Besarnya Nilai Biaya Penambahan Jam Kerja dan *Crash cost*

No.	Nama Pekerjaan	Biaya Normal (Rp)	Biaya Penambahan Jam Kerja (Rp)	<i>Crash cost</i> (Rp)
1	<i>Engineering</i>	24.000.000	16.500.000	40.500.000
2	<i>Procurement</i>	90.000.000	61.875.000	151.875.000
3	<i>Hull Construction</i>	434.700.000	298.856.250	733.556.250
4	<i>Hull Outfitting Work</i>	529.240.000	363.852.500	893.092.500
5	<i>Machinery Outfitting</i>	109.800.000	75.487.500	185.287.500
6	<i>Piping Work</i>	82.400.000	56.500.000	139.050.000

2) Alternatif Penambahan Shift

a. Menghitung Biaya Penambahan Shift

= Upah harian × Jumlah tenaga kerja × Normal durasi × Shift

b. Menghitung *Crash cost*

= Biaya normal + Biaya penambahan shift

Tabel 6
Besar Nilai Biaya Penambahan Shift dan *Crash cost*

No.	Nama Pekerjaan	Biaya Normal (Rp)	Biaya Penambahan Shift (Rp)	<i>Crash cost</i> (Rp)
1	<i>Engineering</i>	12.000.000	48.000.000	60.000.000
2	<i>Procurement</i>	45.000.000	180.000.000	225.500.000
3	<i>Hull Construction</i>	217.350.000	869.400.000	1.086.750.000
4	<i>Hull Outfitting Work</i>	264.620.000	1.058.480.000	1.323.100.000
5	<i>Machinery Outfitting</i>	54.900.000	219.600.000	274.500.000
6	<i>Piping Work</i>	40.800.000	164.800.000	205.600.000

6. *Cost slope*

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

$$\text{Cost slope} = \frac{\text{Crash cost} - \text{Normal cost}}{\text{Normal duration} - \text{Crash duration}}$$

Tabel 7
Nilai *Cost slope* Penambahan Jam Kerja (Lembur)

No.	Nama Pekerjaan	Biaya Normal (Rp)	<i>Crash cost</i> (Rp)	Normal Duration (Hari)	<i>Crash</i> Duration (Hari)	<i>Cost slope</i> (Rp)
1	<i>Engineering</i>	24.000.000	40.500.000	120	96	687.500
2	<i>Procurement</i>	90.000.000	151.875.000	180	143	1.672.297
3	<i>Hull Construction</i>	434.700.000	733.556.250	210	167	6.950.145
4	<i>Hull Outfitting Work</i>	529.240.000	893.092.500	202	160	8.663.115
5	<i>Machinery Outfitting</i>	109.800.000	185.287.500	122	97	3.019.500
6	<i>Piping Work</i>	82.400.000	139.050.000	103	82	2.697.619

Tabel 8
Nilai *Cost slope* Penambahan Shift

No	Nama Pekerjaan	Biaya Normal (Rp)	<i>Crash cost</i> (Rp)	Normal Duration (Hari)	<i>Crash</i> Duration (Hari)	<i>Cost slope</i> (Rp)
1	<i>Engineering</i>	60.000.000	60.000.000	120	60	800.000
2	<i>Procurement</i>	225.500.000	225.500.000	180	91	2.022.472
3	<i>Hull Construction</i>	1.086.750.000	1.086.750.000	210	105	8.280.000

Tabel 8
Nilai *Cost slope* Penambahan Shift

No	Nama Pekerjaan	Biaya Normal (Rp)	<i>Crash cost</i> (Rp)	Normal Duration (Hari)	<i>Crash</i> Duuration (Hari)	<i>Cost slope</i> (Rp)
4	<i>Hull Outfitting Work</i>	1.323.100.000	1.323.100.000	202	101	10.480.000
5	<i>Machinery Outfitting</i>	274.500.000	274.500.000	122	61	3.600.000
6	<i>Piping Work</i>	205.600.000	205.600.000	103	52	3.169.231

7. Kompresi

Mengompresi waktu dan biaya percepatan, dengan menghitung biaya langsung, dan *total cost* dari setiap kegiatan yang mempengaruhi durasi proyek setelah dilakukan percepatan. Dapat dihitung menggunakan rumus:

Total *crash* = Durasi normal – *Crash duration*

Tambahan biaya = *Cost slope* × Total *crash*

Total biaya = Biaya aktual + Tambahan biaya

Tabel 9
Biaya Optimum Penambahan Jam Kerja dan Shift

No.	Nama Pekerjaan	<i>Total Cost</i> Penambahan Jam Kerja (Rp)	<i>Total Cost</i> Penambahan Shift (Rp)
1	<i>Engineering</i>	56.527.640.070	56.559.140.070
2	<i>Procurement</i>	56.589.515.070	56.739.140.070
3	<i>Hull Construction</i>	56.646.165.070	56.903.940.070
4	<i>Hull Outfitting Work</i>	56.721.652.570	57.123.540.070
5	<i>Machinery Outfitting</i>	57.020.508.820	57.992.940.070
6	<i>Piping Work</i>	57.384.361.320	59.051.420.070

SIMPULAN

Berdasarkan pelaksanaan proyek pembangunan *crew boat* dapat diselesaikan selama 272 hari, namun dalam kontrak pembangunan diselesaikan selama 250 hari, sehingga terjadi keterlambatan selama 22 hari. Nilai kontrak pembangunan *crew boat* sebesar Rp57.203.300.000. Maka dari itu dilakukan alternatif penambahan 3 jam kerja dan alternatif shift. Alternatif penambahan 3 jam kerja durasi dipercepat menjadi 241 hari dengan biaya yang dibutuhkan sebesar Rp57.384.361.320. Dan alternatif



penambahan shift dapat dipercepat menjadi 205 hari dengan biaya yang dibutuhkan sebesar Rp59.051.420.070.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah, M. F., Budiarto, U., & Zakki, A. F. (2023). Penjadwalan proyek reparasi kapal tugboat selat legundi ii-206 dengan metode *time cost trade off* (tcto) dan project evaluation and review technique (pert). *Jurnal Teknik Perkapalan*, 11, 105-115.
- Angelia, C., Mulyatno, I. P., & Chrismianto, D. (2021). Aplikasi metode *time cost trade off* akibat keterlambatan bagian mesin pada proyek pembangunan mooring boat milik pt. pertamina trans kontinental. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 9, 277-284.
- Chusairi, M., & Suryanto, M. (2015). Studi optimasi waktu dan biaya dengan metode *time cost trade off* pada proyek pembangunan gedung tipe b smpn baru siwalankerto. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 2, 9-15.
- Kisworo, R. W., Handayani, F. S., & Sunamasto. (2017). Analisis percepatan proyek menggunakan metode *time cost trade off* dengan penambahan jam kerja lembur dan jumlah alat. *Jurnal Matrik Teknik Sipil*, 5, 766-776.
- Salindeho, C., Pratahis, P., & Sumanti, F. (2022). Optimasi waktu dan biaya menggunakan metode *time cost trade off* pada proyek peningkatan ruas jalan tondano-kembes-manado seksi II. *Jurnal Tekno*, 20, 135-143.