

OPTIMASI *RESCHEDULE* PEMBANGUNAN KAPAL KELAS 1 KENAVIGASIAN (KN. BACAN) DI ORELA SHIPYARD DENGAN *LINIER PROGRAMING*

Elen Rosita^{1*}, Heroe Poernomo², Nurvita Arumsari³

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: elenrosita3@gmail.com^{1*}; heroep@na.its.ac.id^{2*}; arum@ppns.ac.id^{3*};

Abstract- In a shipyard, shipbuilding process is inseparable from scheduling determined by the company. Although in the course of time a project usually meet obstacles in the process resulting on delays in building process and ship delivery. Pert Method (Project Evaluation Review Technique) is used in a project to find the critical path on network diagram in order to make time configuration becomes more effective. Furthermore crashing method is used by adding work hours to lessen lateness and excessive project cost. Duration accelerating used on critical path track, then cost minimilization and also linear programming time optimization completed by simplex approach on solver. The results obtained from time-planning calculation using network planning with Project Evaluation Review Technique (PERT) is applicable for the company on time and cost because the normal time which is 924 days could be crashed for 11 days into 913 days, increasing the efficiency on time and costs, the normal cost is about Rp Rp. 1,747,940,000 and the costs after crashing about Rp. 3,387,463,353. Results from Simplex LP (Linear Programming) for post-crashing duration is the optimum time because there is no change on solution's solver in which the time is constant. The cost minimalization generated by simplex LP is Rp 6,046,912 day from crashed works. For a total duration of 11 days the minimum cost incurred is Rp. 66,516,032

Keyword : *Crashing, Proyek, linier Programing*

Nomenclature

Z	Memformulasikan fungsi tujuan dan kendala ke dalam simbol matematis.
X_1, X_2, \dots, X_n	Jumlah variabel keputusan oleh karena tergantungnya aktivitas yang dilakukan.
C_1, C_2, \dots, C_n	Kontribusi masing- masing variabel keputusan terhadap tujuan.
$a_{11}, \dots, a_{1n}, \dots, a_{mn}$	Merupakan kontribusi penggunaan per unit variabel keputusan akan sumber daya yang membatasi.
b_1, b_2, \dots, b_n	Jumlah masing- masing sumber daya yang ada. Jumla kendala akan tergantung dari baayaknya sumber daya yang terbatas.
Y_d, Y_i, \dots, Y_L	Simbol nama kegiatan yang terdapat pada pekerjaan tersebut.

1. PENDAHULUAN

Penelitian sebelumnya yang berjudul "Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek: Klasifikasi dan Perangkat dari Penyebab-Penyebabnya" oleh Praboyo, B. (1999)[1]. Faktor keterlambatan tersebut menjadi penyebab utama terlambatnya penyelesaian pembangunan proyek, sehingga proyek tersebut tidak berlangsung sesuai yang sudah direncana. Pada Jurnal yang dirilis oleh Haseeb (2008) [2], Keterlambatan proyek dapat didefinisikan sebagai lewatnya durasi pengerjaan proyek dari yang telah disepakati pada

kontrak yang mengikat kontraktor dan pemilik proyek. Menurut Haseeb et.al., keterlambatan dalam pengerjaan proyek konstruksi merujuk pada meningkatnya biaya yang terjadi karena waktu pengerjaan menjadi lebih lama, peningkatan biaya tenaga kerja serta peningkatan biaya material. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini akan dilakukan reschedule pembangunan kapal dengan menggunakan Linier Programing. *Reschedule* pembangunan kapal ini bertujuan agar tidak mengalami keterlambatan proyek pembangunan, mempercepat durasi normal agar tidak mengalami keterlambatan dan mencapai durasi optimal setelah di *crashing* dan mendapatkan minimal biaya perhari setelah di *crashing*.

Pengerjaan tugas Akhir ini dilakukan dengan *Reschedule* pembangunan kapal kelas 1 kenavigasian dengan mendapatkan jalur kritis yang menyebabkan keterlambatan proyek pembangunan, kemudian dicrashing atau durasi dipercepat dari jalur kritis agar tidak mengalami keterlambatan dan mencapai durasi optimal setelah di *crashing* dan mendapatkan minimal biaya perhari setelah di *crashing* menggunakan linier programing dengan pendekatan simplex LP (linier programing) pada solver.

2. METODOLOGI .

Tahap- tahap penelitian yang digunakan untuk penyelesaian dalam permasalahan yang telah ada adalah sebagai berikut:

2.1 Sumber Data

Sumber data diperoleh dari hasil wawancara dengan kepala *Project* dikantor departemen *Project* dan pekerja lapangan serta data dari perusahaan. Data yang diperlukan untuk penyelesaian permasalahan ini adalah jadwal proyek, RAB proyek, durasi pekerjaan pembangunan kapal, upah pekerja.

2.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah variabel kuantitatif . Dan pada tugas akhir ini variabelnya adalah

1. Variabel Tenaga Kerja

Semua data-data yang mempengaruhi variabel tenaga kerja diperoleh dari PT. Orela Shipyards. Data-data yang diperlukan dalam variabel Tenaga Kerja adalah Jumlah tenaga kerja.

2. Variabel Waktu

Data yang mempengaruhi variabel waktu diperoleh dari PT. Orela Shipyards. Data yang dibutuhkan untuk variabel waktu adalah :

- 1) Jenis kegiatan
- 2) Prosentase kegiatan
- 3) Durasi kegiatan (hari)

3. Variabel biaya

Semua data-data yang mempengaruhi variabel biaya diperoleh dari kontraktor PT.Orela Shipyards. Data-data yang diperlukan dalam variabel biaya antara lain :

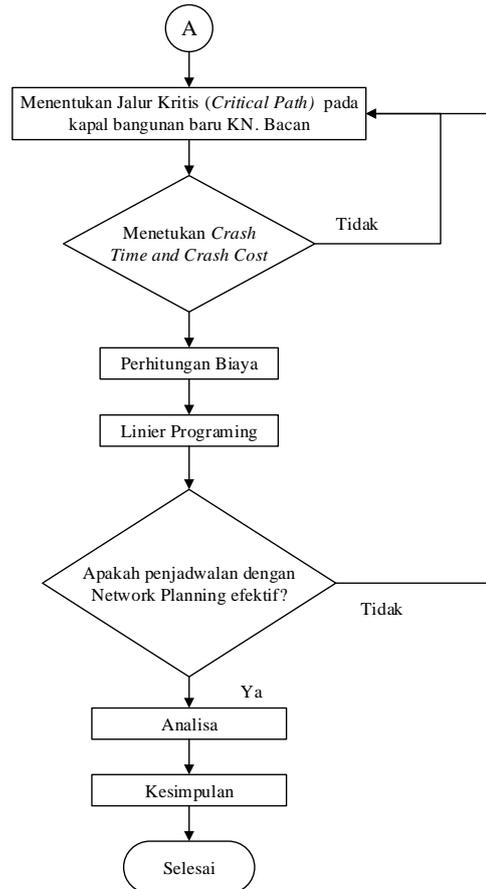
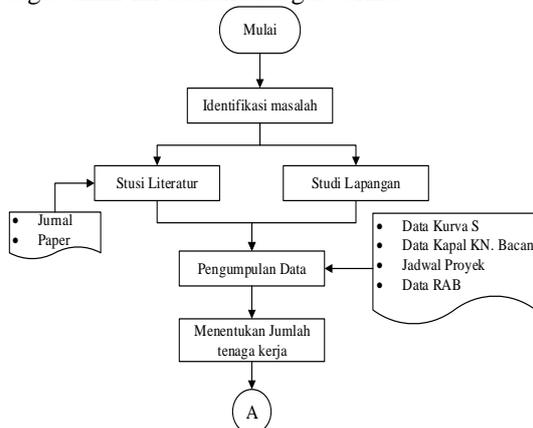
- a. Daftar-daftar harga tiap kegiatan dan upah.
- b. Harga satuan.

Data proyek yang diperlukan untuk pembuatan laporan, meliputi :

1. Rencana Anggaran Biaya (RAB)
2. Analisa harga satuan kegiatan proyek
3. Time schedule
4. Biaya tidak langsung

2.3 Langkah – Langkah Penelitian

Pada langkah penelitian ini terdapat berbagai langkah untuk penyelesaian dalam pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Durasi Normal dan Crashing

Penelitian Meli Sefrina (2013)[3] dilakukan dengan tujuan mengetahui estimasi biaya, sumber daya yang dibutuhkan dalam proyek tersebut, durasi serta penerapan metode *crashing* dan solusi alternatif optimal yang mempercepat waktu pelaksanaan proyek.

Durasi normal pada tugas akhir ini adalah durasi pada *Pert* durasi. Dimana disaat yang mengalami keterlambatan pembangunan proyek perlu membuat lintasan kritis agar dapat dipercepat untuk pengoptimalan waktu pembangunan kapal. Dipercepat (di *crashing*) agar proses pembangunan lancar dan selesai untuk tepat waktu. dan perhitungan *crashing* hanya pada jalur kritis. Jenis pekerjaan yang berada pada jalur lintasan kritis yang di *Crashing* adalah

1. *Steel Work Electrical Outfitting*
2. *Work Electrical Outfitting (Instal)*
3. *Loading Equipment*
4. *Performance Test Pompa –Pompa*
5. *Pressure Test Pipa*
6. *Wiring and Connection Cable.*

Perhitungan *Crashing* adalah dengan penambahan jam kerja selama 3 jam, dari durasi normal 1 hari selama 9 jam. Untuk mencari durasi *Crashing* itu sendiri dari perhitungan berat total yang ada pada masing - masing pekerjaan tersebut dan perhitungan produktivitas yang telah

ditambahkan dengan lamanya jam lebur yang berada pada setiap pekerjaan tersebut.

Ada potensi yang sangat berpengaruh pada perencanaan proyek adalah biaya. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek merupakan estimasi anggaran biaya yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dalam suatu proyek sehingga diperoleh biaya total yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek oleh Sugeng Djojowirono (1984)[4].

Pada Tugas Akhir ini perhitungan biaya terdapat biaya normal dan biaya setelah di *Crashing*. Dimana telah dijelaskan sebelumnya durasi normal dan *crashing* untuk perhitungan biaya juga akan mengikuti hasil perhitungan setelah *dicrashing* untuk mendapatkan total biaya *Crashing*. Berikut adalah hasil pekerjaan normal dan hasil di *crashing* beserta biaya yang diperlukan.

Tabel 3.1 Biaya Perhari dalam Nomal dan setelah di *crashing*.

No	Detail	Durasi Normal
1	STEEL WORK ELECTRICAL OUTFITTING	468
2	STEEL WORK ELECTRICAL OUTFITTING (Instal)	520
3	LOADING EQUIPMENT	455
4	PERFORMANCE TEST POMPA-POMPA	55
5	PRESSURE TEST PIPA	451
6	WIRING AND CONNECTION CABLE	322

Durasi Crash	Biaya Per hari (Rp)			Cost Slupe
	Normal	Crashing	Selisih	
466	Rp1,440,000	Rp2,813,410	Rp1,373,410	Rp686,705
519	Rp1,440,000	Rp2,813,410	Rp1,373,410	Rp1,373,410
453	Rp660,000	Rp1,289,480	Rp629,480	Rp314,740
54	Rp1,080,000	Rp2,383,584	Rp1,303,584	Rp1,303,584
448	Rp720,000	Rp1,406,705	Rp686,705	Rp228,902
320	Rp1,010,000	Rp1,690,321	Rp680,321	Rp340,161
Total	Rp6,350,000	Rp12,396,910	Rp6,046,910	Rp4,247,501

Tabel 3.2 Selisih Durasi Normal dan Durasi *Crashing* untuk Biaya Total

No	Detail	Durasi Normal
1	STEEL WORK ELECTRICAL OUTFITTING	468
2	STEEL WORK ELECTRICAL OUTFITTING (Instal)	520
3	LOADING EQUIPMENT	455
4	PERFORMANCE TEST POMPA-POMPA	55
5	PRESSURE TEST PIPA	451
6	WIRING AND CONNECTION CABLE	322

Durasi Crash	Biaya Total (Rp)			Cost Slupe
	Normal	Crashing	Selisih	
466	Rp673,920,000	Rp1,311,049,060	Rp637,129,060	Rp318,564,530
519	Rp748,800,000	Rp1,460,159,790	Rp711,359,790	Rp711,359,790
453	Rp300,300,000	Rp584,143,440	Rp283,843,440	Rp141,921,720
54	Rp59,400,000	Rp128,713,536	Rp69,313,536	Rp69,313,536
448	Rp324,720,000	Rp630,203,840	Rp305,483,840	Rp101,827,947
320	Rp325,220,000	Rp537,673,920	Rp212,453,920	Rp106,226,960
Total	Rp1,747,940,000	Rp3,387,463,353	Rp1,639,523,353	Rp1,449,214,483

**Cost Slupe* (Slupe biaya) merupakan pertambahan biaya langsung untuk mempercepat suatu aktivitas persatuan waktu, dengan $Cost\ Slupe = \frac{Biaya\ Crash - Biaya\ normal}{waktu\ normal - waktu\ crash}$

3.2 Linier Programing

Program Linear (*Linear Programming*) merupakan sebuah teknik matematika yang didesain untuk membantu para manajer operasi dalam merencanakan dan membuat keputusan yang diperlukan untuk mengalokasikan sumber daya berdasarkan pendapat Heizer dan Render (2005) [5].

Model matematis pada kondisi minimasi terdapat ketidaksamaan pada kendala. Pada kasus minimasi berbentuk pertidaksamaan \geq .

Kasus Minimum

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2$$

$$\vdots$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m$$

$$X_1, 2, \dots, X_n \geq 0$$

Optimasi yang dilakukan pada proyek pembangunan kapal kelas 1 kenavigasian ini yaitu untuk Optimumkan antara durasi dipercepat dan biaya penambahan yang minium. Dalam merumuskan masalah, data dari Tabel 3.2 dibuat kedalam bentuk baku LP (Linier Programing) setelah melalui pemodelan dalam bentuk matematik. Dari data yang ada, diperoleh jumlah waktu normal pada jalur kegiatan ini adalah 924 hari, dan untuk perumusan ini diambil waktu percepatan selama yaitu 11 hari.

Fungsi Tujuan

Minimumkan:

$$Z = 686,705X_{c1} + 1,373,410X_{c2} + 314,740X_{c3} + 1,303,584 X_{c4}$$

$$+ 228,902 X_{c5} + 340,161 X_{c6}$$

(Meminimasi Ongkos yang timbul akibat pengurangan waktu / *Crashing*)

Batasan- batasan atau kendala

Pola Penulisan pembatasan variabel X (pembatasan teradinya *event*) adalah

$X_j \geq X_i + (t_{ij} - Y_{ij})$, Berikut bentuk pembatasannya:

- $X_8 \geq 0 + (468 - Y_D)$ Sehingga menjadi $X_8 + Y_D \geq 468$
- $X_9 \geq X_8 + (520 - Y_I)$ Sehingga menjadi $-X_8 + X_9 + Y_I \geq 520$
- $X_{10} \geq X_9 + (455 - Y_J)$ Sehingga menjadi $-X_9 + X_{10} + Y_J \geq 455$
- $X_{11} \geq X_{10} + (528 - Y_E)$ Sehingga menjadi $-X_{10} + X_{11} + Y_E \geq 528$

5. $X_{12} \geq X_{11} + (451 - Y_K)$ Sehingga menjadi -
 $X_{11} + X_{12} + Y_K \geq 451$
6. $X_{13} \geq X_{12} + (322 - Y_L)$ Sehingga menjadi -
 $X_{12} + X_{13} + Y_L \geq 322$

Batasan perpendekan / percepatan waktu maksimum masing – masing kegiatan pada variabel Y adalah

7. $Y_D \leq 2$
8. $Y_I \leq 1$
9. $Y_J \leq 2$
10. $Y_E \leq 1$
11. $Y_K \leq 3$
12. $Y_L \leq 2$

Dan untuk Non Negativitasnya adalah

1. $X_8 \geq 0$;
2. $X_9 \geq 0$;
3. $X_{10} \geq 0$;
4. $X_{11} \geq 0$;
5. $X_{12} \geq 0$;
6. $X_{13} \geq 0$;

Pada hasil perhitungan optimasi waktu dan minimalisasi biaya pembangunan kapal Kelas 1 Kenavigasian dengan metode Simplex LP pada Solver hasil yang diperoleh adalah untuk optimalisasi waktu yang ditunjukkan pada solver yaitu waktu yang optimal dan durasi crashing yang sudah optimal karena dari Simplex LP pada Solver tidak memiliki perubahan durasi namun pada solution terdapat durasi paling lambat yaitu pada pekerjaan pada X_{13} terdapat perubahan paling lambat memiliki durasi 791 hari, pekerjaan pada X_{12} terdapat perubahan paling lambat memiliki durasi 471 hari, pekerjaan pada X_{11} terdapat perubahan paling lambat memiliki durasi 23 hari. Dan untuk pekerjaan pembangunan kapal Kelas 1 kenavigasian minimum biaya yang dikeluarkan untuk penambahan 3 jam kerja adalah Rp. 6,046,912 setiap hari nya dari pekerjaan yang telah di crashing, dengan total 11 hari minimum biaya yang dikeluarkan adalah Rp. 66,516,032.

4. KESIMPULAN

Dari analisa yang telah dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir tersebut maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengoptimalan durasi atau waktu menggunakan metode pert didapatkan hasil pengoptimalan waktu lebih cepat dari waktu normal. Pengoptimalan waktu selama 11 hari dengan durasi normal 924 menjadi 913 hari dengan menambah jam kerja dan beberapa pekerjaan yang dikerjakan secara paralel.

2. Perbandingan waktu normal terdapat durasi 924 hari dan setelah mengalami crashing menjadi 913 hari. Sedangkan biaya total normal senilai Rp. 1,747,940,000 dan setelah mengalami percepatan waktu atau setelah crashing senilai Rp. 3,387,463,353.
3. Waktu optimasi 913 hari dari durasi normal 924 hari mengalami perubahan dimana dengan penambahan biaya jam kerja senilai Rp. 3,387,463,353 dari nilai Kontrak 127.000.000.000
4. Linier programing dengan pendekatan simplex pada solver didapatkan bahwa untuk pengoptimalan waktu yang telah dicrashing adalah durasi yang paling optimal karena solution waktu pada simplex LP disolver hasilnya sama. Dengan mendapatkan nilai minimum senilai Rp. 6,046,912 setiap harinya dari pekerjaan yang telah di crashing dengan total durasi durasi 11 hari minimum biaya yang dikeluarkan adalah Rp. 66,516,032

5. PUSTAKA

- [1] Praboyo, B. (1999). Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek: Klasifikasi dan Perangkat dari Penyebab-Penyebabnya. *Dimensi Teknik Sipil*, Volume 1 no. 1:49-58.
- [2] Haseeb, L. B. (2008). Problems of Projects and Effects of Delays in the Construction Industry of Pakistan. *Australian Journal of Business and Management Research*, Vol.1, No.5, p. 41-50.
- [3] Sefrina, Meli. 2013. *Penerapan Metode Crashing pada Penjadwalan Proyek Implementasi Enterprise Resource Planning (ERP) oleh PT X (Studi Kasus pada PT Arutmin Indonesia)*. Jakarta : Universitas Bakrie
- [4] Djojowiriono, Sugeng. (1984). *Manajemen Konstruksi*. Yogyakarta: KMTS FAK. Teknik UGM
- [5] Heizer Jay, Render Barry. 2005. *Operations Management*. Jakarta: Salemba