

Analisis Keterlambatan dan Penjadwalan Ulang Proyek Pembangunan *Deck Cargo Barge* 250x80x14 ft

Nur Hidayatullah¹, Surya Hariyanto*¹, dan Syerly Klara¹

¹Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino Km. 6, Kecamatan Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan, 92171, Indonesia

*Email: suryahariyanto@unhas.ac.id

DOI: 10.25042/jpe.112023.04

Abstrak

Proyek pembangunan *Deck Cargo Barge* 250x80x14 ft pada PT. XYZ direncanakan selesai dalam waktu 5 bulan, namun yang terjadi dilapangan kegiatan proyek pembangunan tersebut mengalami keterlambatan sehingga selesai dalam waktu 7 bulan 25 hari. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor penyebab keterlambatan proyek, mengetahui hasil penjadwalan ulang dan menentukan alternatif untuk mengatasi keterlambatan proyek pembangunan *Deck Cargo Barge* 250x80x14 ft. Metode yang digunakan untuk menganalisis keterlambatan proyek pembangunan dalam penelitian ini adalah *Fault Tree Analysis* (FTA). Sementara penjadwalan ulang menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM). Hasil analisis kualitatif FTA didapatkan 6 *intermediate event* dan 23 *basic event* penyebab keterlambatan proyek dan hasil analisis kuantitatif FTA diperoleh nilai probabilitas tertinggi pada *intermediate event* pada kondisi lapangan dan pengadaan material dengan nilai sebesar 0,2585 dan 0,1206. Sedangkan hasil penjadwalan ulang dengan metode CPM diperoleh 51 kegiatan, dari 51 kegiatan tersebut terdapat 18 kegiatan kritis, 17 diantaranya didominasi oleh faktor kondisi lapangan. Alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan *man power* tidak efektif untuk mengatasi keterlambatan. Oleh karena itu, alternatif penambahan peralatan dan fasilitas (seperti *crane*) dipilih untuk mempercepat proses penyelesaian proyek.

Abstract

Delay Analysis and Rescheduling of the 250x80x14 ft Deck Cargo Barge Construction Project. The construction project of a 250x80x14 ft Deck Cargo Barge at PT. XYZ was initially planned to be completed within 5 months. However, in practice, the project experienced delays and was completed in 7 months and 25 days. This study aims to identify the factors causing the project delays, evaluate the results of the rescheduling, and determine alternative solutions to overcome the delays in the construction of the 250x80x14 ft Deck Cargo Barge. The method used to analyze the project delays in this study is Fault Tree Analysis (FTA), while the rescheduling was carried out using the Critical Path Method (CPM). The qualitative FTA analysis identified 6 intermediate events and 23 basic events as the causes of the project delays. The quantitative FTA analysis showed the highest probability values in the intermediate events related to field conditions and material procurement, with values of 0.2585 and 0.1206, respectively. The rescheduling results using the CPM method identified 51 activities, of which 18 were critical activities. Among these, 17 were predominantly influenced by field condition factors. Alternatives such as increasing working hours (overtime) and adding manpower were found to be ineffective in addressing the delays. Therefore, the alternative of adding equipment and facilities (such as cranes) was selected as the most effective option to accelerate the project completion process.

Kata Kunci: Project delay; deck cargo barge; fault tree analysis; critical path method

1. Pendahuluan

Sebagai salah satu negara kepulauan terbesar di dunia yang memiliki sekitar 17.000 pulau dan garis pantai sepanjang 81.000 kilometer, Pemerintah Republik Indonesia menempatkan industri perkapalan sebagai salah satu sektor industri prioritas untuk dikembangkan. Berdasarkan data kementerian perindustrian Republik Indonesia, sepanjang tahun 2019-2021 sebanyak 473 unit kapal yang dibangun di dalam negeri dengan proporsi terbesar ialah *Barge* (274 unit) dan *Tug* (100 unit). Selanjutnya, periode Januari-Agustus 2022, terdapat 363 permohonan

pembangunan kapal baru di galangan kapal dalam negeri.

Barge atau tongkang adalah suatu jenis kapal dengan lambung datar atau suatu kotak besar yang mengapung, dirancang khusus untuk mengangkut muatan dalam jumlah besar baik *wet cargo* maupun *dry cargo* seperti kayu, batu bara, pasir, minyak, dan lainnya dan ditarik dengan kapal tunda (*tugboat*). Berbeda dengan kapal pada umumnya, *barge* tidak memiliki sistem pendorong (*propulsi*) [1].

Dalam konteks proyek pembangunan kapal, manajemen proyek yang tepat diperlukan untuk memastikan proyek dapat diselesaikan tepat

waktu sesuai dengan target perusahaan. Dalam menjalankan sebuah proyek, tentu saja ada hal yang ingin dicapai oleh pihak perusahaan atau galangan kapal. Dimana perusahaan tentu mengharapkan ketepatan jadwal mulai dari awal pembangunan hingga selesainya pembangunan proyek tersebut. Namun, jika tujuan tersebut tidak tercapai akan menimbulkan kerugian bagi pihak galangan kapal maupun owner.

Keterlambatan dalam pekerjaan kapal banyak disebabkan oleh beberapa faktor. Misalnya, keterlambatan *supply* material, pengaruh cuaca, jumlah pekerja yang terbatas, fasilitas galangan yang belum memadai, dan lainnya [2]. Penyebab keterlambatan yang sering terjadi adalah akibat terjadinya perbedaan kondisi lokasi, perubahan desain, pengaruh cuaca, kurang terpenuhinya kebutuhan pekerja/karyawan, material atau peralatan, kesalahan perencanaan atau spesifikasi, dan pengaruh keterlibatan pemilik proyek (*owner*) [3]. Percepatan proyek perlu dilakukan karena terjadinya keterlambatan atau proyek tersebut harus segera diselesaikan sesuai kontrak yang telah disepakati. Beberapa cara untuk mempercepat penyelesaian proyek yaitu dengan menambah jam kerja (lembur), jumlah pekerja, menggunakan shift, menggunakan peralatan yang lebih produktif, menggunakan material yang lebih cepat pemasangannya, dan menggunakan metode konstruksi lain yang lebih cepat [4].

Berbagai metode yang dapat digunakan untuk menganalisis permasalahan keterlambatan proyek dan juga penjadwalan ulang. Salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis keterlambatan proyek pembangunan dalam penelitian ini adalah *Fault Tree Analysis* (FTA). FTA adalah metode yang digunakan untuk menganalisis penyebab utama dari suatu kejadian atau masalah yang tidak diinginkan dalam suatu sistem [5]. Menurut [6] *fault tree analysis* mengembangkan jalan kesalahan logis dari kejadian yang tidak diinginkan yang berada di atas (*top event*) untuk semua akar penyebab yang mungkin terjadi pada bagian bawahnya (*basic event*). Kelebihan dari FTA adalah mudah dilakukan, mudah dimengerti, memberikan sistem wawasan yang bermanfaat, dan menunjukkan semua kemungkinan penyebab masalah yang diselidiki [7]. Sedangkan untuk penjadwalan ulang (*rescheduling*) dalam penelitian ini digunakan metode *Critical Path Method* (CPM). CPM adalah metode analisis

jadwal proyek yang digunakan untuk menentukan jalur kritis dalam proyek. Jalur kritis yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat [8].

Berdasarkan data perusahaan, proyek pembangunan *Deck Cargo Barge* 250x80x14 ft pada PT. XYZ direncanakan selesai dalam kurun waktu 5 bulan. Namun yang terjadi di lapangan, kegiatan proyek pembangunan mengalami keterlambatan sehingga proyek tersebut *delay* dan rampung dalam waktu kurang lebih 7 bulan 25 hari. Untuk meminimalisir terjadinya keterlambatan proyek, diperlukan analisis faktor-faktor penyebab keterlambatan proyek pembangunan *deck cargo barge*. Disamping itu, perlu dilakukan penjadwalan ulang sehingga nantinya didapatkan alternatif yang digunakan untuk mempercepat proyek pembangunan *deck cargo barge* 250x80x14 ft.

Berdasarkan permasalahan diatas maka tujuan penelitian ini untuk mengetahui faktor – faktor penyebab keterlambatan proyek pembangunan *Deck Cargo Barge* 250x80x14 ft dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), mengetahui hasil penjadwalan ulang proyek pembangunan *Deck Cargo Barge* 250x80x14 ft dengan metode *Critical Path Method* (CPM), serta menentukan alternatif untuk mengatasi keterlambatan proyek pembangunan *Deck Cargo Barge* 250x80x14 ft agar lebih optimal.

2. Metodologi

Dalam penelitian ini digunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) bertujuan untuk membuat model FTA dengan menentukan top event (kegiatan puncak), intermediate event dan hubungan terhadap top event menggunakan logic gate (gerbang logika), dilanjutkan sampai kegiatan basic event (kegiatan paling dasar), menganalisis FTA dengan direct numerical approach (pendekatan perhitungan langsung) yang bersifat bottom-up approach (dari basic event ke top event) dengan menggunakan probabilitas tiap kegiatan untuk menghasilkan nilai probabilitas intermediate event hingga dicapainya top event, dan menganalisis FTA dengan hukum logic gate yang terdapat hukum probabilitas penjumlahan (OR Gate) dan hukum probabilitas perkalian untuk (AND Gate) untuk mendapatkan nilai minimal cut set. Selanjutnya

digunakan metode Critical Path Method (CPM) untuk penjadwalan ulang proyek hingga didapatkan jalur kritis. Jalur kritis didapatkan dari perhitungan float pada perhitungan maju (Early Start, Early Finish) dan perhitungan mundur (Last Start, Last Finish) pada jaringan kerja.

Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini yaitu wawancara dan kuesioner. Jenis data yang digunakan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan sumber data yang diperoleh secara langsung di lapangan dengan cara observasi atau wawancara dengan subjek penelitian, berupa data kuesioner keterlambatan proyek pembangunan deck cargo barge, data jam lembur, data upah pekerja per jam dan data faktor-faktor penyebab keterlambatan proyek. Sedangkan data sekunder dalam penelitian ini merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung yang biasanya tersedia di instansi atau pengalaman masa lampau atau dengan mengutip beberapa tulisan, artikel maupun literatur lainnya, berupa data schedule rencana dan schedule aktual proyek pembangunan Deck Cargo Barge 250x80x14 ft, S-Curve, data jam kerja, data jumlah man power proyek pembangunan Deck Cargo Barge 250x80x14 ft. Penelitian dilakukan pada proyek pembangunan deck cargo barge 250x80x14 ft dengan data kapal sebagai berikut yang tertera pada Tabel 1 dan bentuk dek dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Ukuran utama

Dimensi	Ukuran
LOA	76,2 m
Breadth	24,38 m
Depth	4,27 m
LWT	881,28 ton

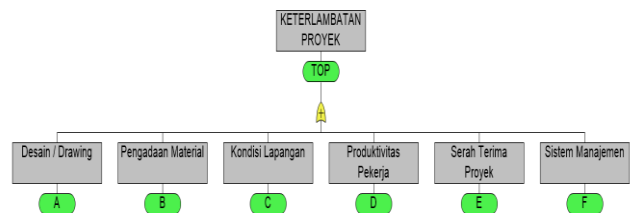


Gambar 1. Deck Cargo Barge 250x80x14 ft

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis *Fault Tree Analysis* (FTA)

Hasil analisis kualitatif FTA diperoleh faktor-faktor penyebab keterlambatan proyek pembangunan *deck cargo barge*, berdasarkan Gambar 2 terdapat 6 cabang *intermediate event* yakni desain/*drawing*, pengadaan material, kondisi lapangan, produktivitas pekerja, serah terima proyek, dan sistem manajemen.



Gambar 2. Penyebab keterlambatan proyek

Desain/*drawing* merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya keterlambatan proyek pembangunan *deck cargo barge*. Beberapa faktor yang menyebabkan desain/*drawing* menjadi salah satu faktor penyebab keterlambatan proyek pembangunan *deck cargo barge* antara lain dikarenakan *approval drawing* yang terlambat, adanya perubahan ukuran/letak *equipment*, penambahan komponen, dan detail gambar kurang lengkap. Faktor tersebut berpengaruh terhadap keberlangsungan proyek, karena jika desain tidak segera di revisi berdasarkan kondisi di lapangan maka proyek akan mengalami keterlambatan.

Faktor penyebab keterlambatan proyek pembangunan *deck cargo barge* selanjutnya adalah pengadaan material. Faktor yang menyebabkan pengadaan material menjadi faktor penyebab keterlambatan proyek pembangunan *deck cargo barge* adalah karena ukuran dan spesifikasi material tidak ada di pasaran, maka dari itu harus order terlebih dahulu, hal ini membuat pengerjaan proyek terganggu. Faktor lain yaitu material belum ada di pasaran lokal, sehingga harus mengimpor material dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan material. Selanjutnya kualitas material kurang baik juga menghambat pengerjaan proyek. Faktor terakhir yaitu durasi pengiriman material yang lama menyebabkan pengerjaan proyek semakin lama.

Kondisi lapangan merupakan salah satu faktor penyebab keterlambatan yang memiliki faktor paling banyak dari penyebab keterlambatan yang lainnya. Faktor pertama yaitu kontur lahan kerja kurang baik mengakibatkan pengerjaan proyek terhambat. Faktor kedua yaitu cuaca buruk, bila terjadi cuaca buruk pengerjaan bisa terhenti dan waktu pengerjaan proyek semakin lama. Faktor ketiga yaitu listrik padam, mengakibatkan peralatan kerja tidak bisa digunakan sehingga pengerjaan proyek terhenti. Faktor keempat yaitu peralatan rusak dikarenakan jarangnyanya melakukan perawatan peralatan kerja dan pemakaian yang berlebihan dan tidak sesuai aturan yang menyebabkan proses produksi tertunda. Faktor kelima yaitu jumlah tenaga kerja/karyawan terbatas yang disebabkan karna rekrutmen karyawan terbatas, banyak karyawan pensiun, dan juga belum ada regenerasi karyawan juga dapat menyebabkan proses pengerjaan proyek terhambat. Faktor yang keenam yaitu sub kontraktor bermasalah dapat menyebabkan keterlambatan pada proses pengerjaan proyek. Dan faktor ketujuh yaitu peralatan dan fasilitas terbatas juga dapat mengganggu proses pengerjaan suatu proyek.

Produktivitas pekerja merupakan salah satu faktor penyebab keterlambatan proyek pembangunan *deck cargo barge*. Produktivitas pekerja dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal meliputi pekerja yang tidak kompeten, terjadi kecelakaan saat sedang bekerja dan terdapat permasalahan antar karyawan. Faktor eksternal meliputi karyawan sering tidak masuk/izin. Hal-hal tersebut tentu menghambat proses pengerjaan proyek.

Serah terima proyek merupakan salah satu faktor penyebab keterlambatan proyek pembangunan *deck cargo barge*. serah terima proyek dipengaruhi oleh faktor pekerjaan yang belum sesuai dengan aturan yang sudah disepakati/ditetapkan menyebabkan pihak klasifikasi dan owner menolak hasil produksi. Faktor lainnya yaitu apabila terjadi rework karena kesalahan pekerja yang mengakibatkan bertambah durasi proyek dan mempengaruhi produktivitas secara keseluruhan.

Sistem manajemen merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya keterlambatan proyek pembangunan *deck cargo barge*. Sistem manajemen ini dijelaskan oleh bagian Production Planning Control (PPC). Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi sistem manajemen

antara lain schedule rencana awal tidak terlaksana dengan baik dikarenakan apa yang direncanakan tidak selalu berjalan dengan baik sesuai dengan kondisi dilapangan dan koordinasi antara OS dan galangan kurang baik dapat menyebabkan keterlambatan bahkan penundaan proyek pembangunan.

Hasil analisa kuantitatif FTA dengan hukum logic gate yang terdapat hukum probabilitas penjumlahan (OR Gate) dan hukum probabilitas perkalian untuk (AND Gate). Ketentuan probabilitas untuk *minimal cut set* berdasarkan *frequency index* standar DNV seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Frequency index

FI	Rating	Kualitatif	Kuantitatif
5	<i>Frequent</i> (Sering)	Kejadian terjadi tiap produksi <i>barge</i> baru	10^{-1}
4	<i>Reasonably Probable</i> (Kemungkinan Besar)	Kejadian terjadi tiap produksi dalam rentang 5 kali produksi <i>barge</i> baru	10^{-2}
3	<i>Remote</i> (Kecil)	Kejadian terjadi tiap produksi dalam rentang 25 kali produksi <i>barge</i> baru	10^{-3}
2	<i>Extremely Remote</i> (Sangat Kecil)	Kejadian terjadi tiap produksi dalam rentang 75 kali produksi <i>barge</i> baru	10^{-4}
1	<i>Extremely Improbable</i> (Sangat Tidak Mungkin)	Kejadian terjadi tiap produksi dalam rentang 100 kali produksi <i>barge</i> baru	10^{-5}

Berikut merupakan nilai probabilitas setiap *basic event* sesuai dengan nilai *frequency index* pada Tabel 2.

Tabel 3. Probabilitas basic event

No.	Basic Event	Probabilitas
1	Approval Drawing Terlambat	0,0294
2	Perubahan Ukuran/Letak Equipment	0,0179
3	Penambahan Komponen	0,0292
4	Detail Gambar Kurang Lengkap	0,0270
5	Ukuran & Spesifikasi Material Tidak Ada di Pasaran	0,0273
6	Material Belum Ada di Pasaran Lokal (Barang Impor)	0,0273
7	Kualitas Material Kurang Baik	0,0123
8	Durasi Pengiriman Material Lama	0,0537
9	Kontur Lahan Kerja Kurang Baik	0,0259
10	Cuaca Buruk	0,0473
11	Listrik Padam	0,0288
12	Peralatan Rusak	0,0366
13	Jumlah Tenaga Kerja/Karyawan Terbatas	0,0447
14	Sub Kontraktor Bermasalah	0,0408
15	Peralatan dan Fasilitas Terbatas	0,0344
16	Pekerja Yang Tidak Kompeten	0,0311
17	Karyawan Sering Tidak Masuk/Izin	0,0266
18	Terdapat Permasalahan Antar Karyawan	0,0107
19	Terjadi Kecelakaan Kerja	0,0143
20	Pekerjaan Belum Sesuai Dengan Aturan Yang Disepakati/Ditetapkan	0,0103
21	Terjadinya Rework Karena Kesalahan Pekerja	0,0210
22	Schedule Rencana Awal Tidak Terlaksana Dengan Baik	0,0401
23	Koordinasi Antara OS dan Galangan Kurang Baik	0,0139

Data probabilitas selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai *minimal cut set* sebagai berikut:
Kombinasi *minimal cut set* pada OR Gate:

$$T = C_1 + C_2 + C_n$$

$$P(T) = P(C_1 \cup C_2 \cup C_n)$$

$$= (P(C_1) + P(C_2) + P(C_n)) - (P(C_1) \times P(C_2) \times P(C_n))$$

Kombinasi *minimal cut set* pada AND Gate:

$$T = C_1 \times C_2 \times C_n$$

$$P(T) = P(C_1 \cap C_2 \cap C_n)$$

$$= (P(C_1) \times P(C_2) \times P(C_n))$$

Contoh perhitungan kombinasi *minimal cut set* pada *intermediate event* kondisi lapangan:

$$T = C_1 + C_2 + C_n$$

$$= 0,0259 + 0,0473 + 0,0288 + 0,0366 + 0,0447 + 0,0408 + 0,0344$$

$$= 0,2585$$

$$P(T) = (P(C_1) + P(C_2) + P(C_n)) - (P(C_1) \times P(C_2) \times P(C_n))$$

$$= (P(C_1) + P(C_2) + P(C_3) + P(C_4) + P(C_5) + P(C_6)) - ((P(C_1) \times P(C_2) \times P(C_3) \times P(C_4) \times P(C_5) \times P(C_6)))$$

$$= (0,0259 + 0,0473 + 0,0288 + 0,0366 + 0,0447 + 0,0408 + 0,0344) - (0,0259 \times 0,0473 \times 0,0288 \times 0,0366 \times 0,0447 \times 0,0408 \times 0,0344)$$

$$= 0,2585$$

Hasil kombinasi *minimal cut set* masing-masing *intermediate event* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Minimal cut set intermediate event

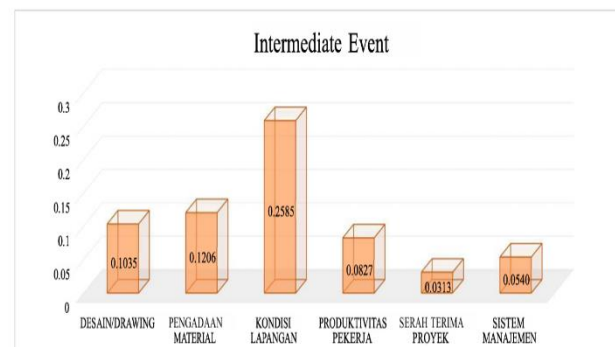
No.	Intermediate Event	Code Event	T
1	Desain/Drawing	A	0,1035
2	Pengadaan Material	B	0,1206
3	Kondisi Lapangan	C	0,2585
4	Produktivitas Pekerja	D	0,0827
5	Serah Terima Proyek	E	0,0313
6	Sistem Manajemen	F	0,0540

Jumlah probabilitas perhitungan analisis kuantitatif *minimal cut set* untuk *Top Event* sebagai berikut:

$$TE = T_1 + T_2 + T_n$$

$$TE = 0,1035 + 0,1206 + 0,2585 + 0,0827 + 0,0313 + 0,0540$$

$$TE = 0,6506$$



Gambar 3. Perbandingan probabilitas minimal cut set

Dari analisis *fault tree analysis* perhitungan analisis kuantitatif *minimal cut set*, dapat diketahui faktor utama penyebab keterlambatan proyek pembangunan Deck Cargo Barge 250x80x14 ft yaitu kondisi lapangan. Kejadian kondisi lapangan memiliki probabilitas paling tinggi dibandingkan kejadian lainnya yaitu bernilai 0,2585. Hal ini dikarenakan proses pengerjaan proyek pembangunan Deck Cargo Barge 250x80x14 ft lebih banyak dilakukan di lapangan. Setelah diketahui faktor penyebab keterlambatan proyek pembangunan deck cargo barge, selanjutnya dilakukan penjadwalan ulang untuk mengetahui alternatif yang dapat mengatasi keterlambatan proyek pembangunan deck cargo barge tersebut.

3.2. Critical Path Method (CPM)

Metode ini dikenal dengan adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan, dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat. Jalur ini nantinya akan digunakan untuk menentukan percepatan waktu yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan proyek dan menganalisis produktivitas kerja yang dihasilkan.

Pada proyek pembangunan Deck Cargo Barge 250x80x14 ft terdapat 14 kegiatan utama, untuk mengetahui durasi dari setiap kegiatan utama maka dilakukan pengelompokan aktivitas pada proyek pembangunan Deck Cargo Barge 250x80x14 ft yang dilengkapi dengan durasi kegiatan dan ketergantungan kegiatan (work breakdown structure) seperti pada Tabel 5 berikut.

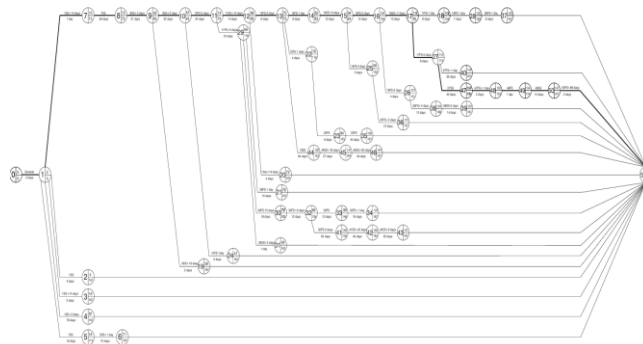
Tabel 5. *Work breakdown structure*

No.	Kegiatan Utama	Kegiatan	Ketergantungan	Durasi
1	Engineering	General	-	2 days
2		Hull	1SS	4 days
3		Outfitting	1SS+14 days	2 days
4		Production Hull	1SS+3 days	78 days
5	Purchasing	Procurement	1SS	16 days
6		Incoming Material & Equipment	5SS+1 day	70 days
7	Construction	1st Steel Cutting	1SS+14 days	1 day
8		Pre-Fabrication	7SS	59 days
9	Panel Fabrication	Transv. BHD (Center)	8SS+5 days	21 days
10		Transv. BHD (Portside & Starboard)	9SS+2 days	22 days
11		Bottom Shell	10FS-3 days	34 days
12		Long BHD (Portside & Starboard)	11SS+14 days	14 days
13		Main Deck (Center)	12FS-2 days	9 days
14		HeadLog Block	13FS-1 day	9 days
15		Side Shell (Portside & Starboard)	14SS+5 days	15 days
16		Main Deck (Portside & Starboard)	15FS-2 days	13 days
17		Log Stanchion	16SS+7 days	13 days
18		Skeg	17FS-1 day	8 days
19	Visual Inspection	Transv. BHD (Center)	9SS+18 days	2 days
20		Long BHD (Portside & Starboard)	12SS+14 days	4 days
21		Bottom Shell	29FS-1 day	10 days
22		Main Deck (Center)	13FS-1 day	4 days
23		HeadLog Block	22FS	6 days
24		Transv. BHD (Portside & Starboard)	10FS-1 day	5 days
25		Side Shell (Portside & Starboard)	15FS-4 days	5 days
26		Main Deck (Portside & Starboard)	16FS-2 days	4 days
27		Log Stanchion	17FS-5 days	8 days
28		Skeg	18FS-1 day	7 days
29	Erection	Bottom Shell	11SS+5 days	24 days
30		Transv. BHD (Center)	29FS-15 days	18 days
31		Keel Laying (Bottom Laying)	29SS+2 days	1 day
32		Long BHD (Portside & Starboard)	30FS+2 days	12 days
33		Main Deck (Center)	32FS	13 days
34		Transv. BHD' (Portside & Starboard)	33FS+1 day	18 days
35		HeadLog Block	23FS	42 days
36		Side Shell (Portside & Starboard)	25FS+5 days	10 days
37		SKEG	28FS-1 day	8 days
38		Main Deck (Portside & Starboard)	26FS+4 days	13 days
39	Tank Welding Completion	Chain Plate	38SS-2 days	14 days
40		Log Stanchion	27FS+1 day	26 days
41	Tank Visual Inspection & Air Test	Tank Welding Completion	32FS-2 days	64 days
42	Outfitting	Visual Inspection	41SS+24 days	40 days
43		Air Test	42SS+8 days	35 days
44	Painting	Fabrication	13SS	64 days
45		Installation	44SS+18 days	57 days
46	Launching Preparation	Barge Equipment Installation	45SS+20 days	40 days
47	Launching	Painting	27SS	43 days
48	Final Tank Inspection	Launching Preparation	47FS+1 day	2 days
49	Delivery	Launching	48FS	1 day
50		Final Tank Inspection	49SS	14 days
51		Delivery	50FS+69 days	2 days

Berdasarkan Tabel 5 dibuatlah diagram CPM seperti pada Gambar 4.

Dari diagram CPM diperoleh nilai *Early Start* (ES), *Early Finish* (EF), *Late Start* (LS), *Late Finish* (LF), *float* total seperti pada Tabel 6.

Dari perhitungan diatas dapat dilihat bahwa jalur yang memiliki float = 0 adalah jalur kritis yang terdiri dari 18 kegiatan seperti pada Tabel 7.



Gambar 4. Diagram CPM

Tabel 6. Nilai ES, EF, LS, LF, dan float total

No.	Kegiatan	ES	EF	LS	LF	FLOAT
1	General	0	2	0	2	0
2	Hull	0	4	163	167	163
3	Outfitting	14	16	165	167	151
4	Production Hull	3	81	89	167	86
5	Procurement	0	16	96	112	96
6	Incoming Material & Equipment	1	71	97	167	96
7	1st Steel Cutting	14	15	14	15	0
8	Pre-Fabrication	14	73	14	73	0
9	Transv. BHD (Center)	19	40	19	40	0
10	Transv. BHD (Portside & Starboard)	21	43	21	43	0
11	Bottom Shell	40	74	40	74	0
12	Long BHD (Portside & Starboard)	54	68	54	68	0
13	Main Deck (Center)	66	75	66	75	0
14	HeadLog Block	74	83	74	83	0
15	Side Shell (Portside & Starboard)	79	94	79	94	0
16	Main Deck (Portside & Starboard)	92	105	92	105	0
17	Log Stanchion	99	112	99	112	0
18	Skeg	111	119	146	154	35
19	Transv. BHD (Center)	37	39	165	167	128
20	Long BHD (Portside & Starboard)	68	72	163	167	95
21	Bottom Shell	68	78	157	167	89
22	Main Deck (Center)	74	78	115	119	41
23	HeadLog Block	78	84	119	125	41
24	Transv. BHD (Portside & Starboard)	42	47	162	167	120
25	Side Shell (Portside & Starboard)	90	95	146	152	56
26	Main Deck (Portside & Starboard)	103	107	147	151	44
27	Log Stanchion	107	115	107	115	0
28	Skeg	118	125	153	160	35
29	Bottom Shell	45	69	84	118	39
30	Transv. BHD (Center)	54	72	103	121	49
31	Keel Laying (Bottom Laying)	47	48	166	167	119
32	Long BHD (Portside & Starboard)	74	86	123	135	49
33	Main Deck (Center)	86	99	135	148	49
34	Transv. BHD' (Portside & Starboard)	100	118	149	167	49
35	HeadLog Block	84	126	125	167	41
36	Side Shell (Portside & Starboard)	100	110	157	167	57
37	SKEG	124	132	159	167	35
38	Main Deck (Portside & Starboard)	111	124	155	168	44
39	Chain Plate	109	123	153	167	44
40	Log Stanchion	116	142	141	167	25
41	Tank Welding Completion	84	148	100	164	16
42	Visual Inspection	108	148	124	164	16
43	Air Test	116	151	132	167	16
44	Fabrication	66	130	89	153	23
45	Installation	84	141	107	164	23
46	Barge Equipment Installation	104	144	127	167	23
47	Painting	107	150	107	150	0
48	Launching Preparation	151	153	151	153	0
49	Launching	153	154	153	154	0
50	Final Tank Inspection	153	167	153	167	0
51	Delivery	236	238	236	238	0

Tabel 7. Kegiatan dengan jalur kritis

No.	Kegiatan dengan Jalur Kritis	Durasi (Days)
1	General	2
2	1st Steel Cutting	1
3	Pre-Fabrication	59
4	Transv. BHD (Center) (Panel Fabrication)	21
5	Transv. BHD (Portside & Starboard) (Panel Fabrication)	22
6	Bottom Shell (Panel Fabrication)	34
7	Long BHD (Portside & Starboard) (Panel Fabrication)	14
8	Main Deck (Center) (Panel Fabrication)	9
9	HeadLog Block (Panel Fabrication)	9
10	Side Shell (Portside & Starboard) (Panel Fabrication)	15
11	Main Deck (Portside & Starboard) (Panel Fabrication)	13
12	Log Stanchion (Panel Fabrication)	13
13	Log Stanchion (Visual Inspection)	8
14	Painting	43
15	Launching Preparation	2
16	Launching	1
17	Final Tank Inspection	14
18	Delivery	2

Dari hasil Tabel 3 dan Gambar 3, pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari menunjukkan bahwa seluruh beton dengan variasi bahan campuran Serat Masker Medis (SMM) memiliki nilai kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan beton normal (tanpa SMM). Kuat tekan beton pada variasi SMM dengan penambahan 10% mencapai 1,08 MPa, namun masih jauh lebih rendah dibandingkan beton normal yang memiliki nilai 10,17 MPa. Sementara itu, kuat tekan beton dengan variasi SMM yang terendah terjadi pada variasi 5% dan 15%, dengan nilai kuat tekan yang sama yaitu 0,70 MPa. Masalah serupa juga ditemukan dalam penelitian Fransisco Faldo dan Mahfuz Hudori (2021), di mana pada pengujian kuat tekan beton serat polypropylene di umur 7 hari, nilai kuat tekan berada di bawah beton normal (0%) [2]. Fenomena ini terjadi pada pengujian beton variasi SMM setelah ditekan sekitar 1-2 menit oleh UTM, di mana nilai kuat tekan mengalami kenaikan yang sangat tinggi dan mampu mencapai lebih dari 25 MPa.

3.3. Perhitungan Produktifitas Kegiatan

Produktivitas merupakan perbandingan hasil produksi dengan total sumber daya yang diperlukan. Perhitungan ini dilakukan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis [9].

$$\text{Produktivitas Harian Normal Perhari (PHN)} = \frac{\text{Bobot Kegiatan}}{\text{Durasi}}$$

Contoh perhitungan produktivitas harian normal per hari kegiatan jalur kritis *panel fabrication transv. BHD (center)*:

Bobot kegiatan = 185,07 ton

Durasi = 21 hari

$$\text{Produktivitas Harian Normal Perhari (PHN)} = \frac{185,07 \text{ ton}}{21 \text{ hari}} = 8,81 \text{ ton/hari}$$

Contoh perhitungan produktivitas harian normal per jam kegiatan jalur kritis *panel fabrication transv. BHD (center)*:

Produktivitas Harian Normal = 8,81 ton/hari

Jumlah jam kerja sehari = 7 jam

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Harian Normal Perjam (PHN)} &= \frac{\text{PHN Perhari}}{\text{Jam Kerja Perhari}} \\ &= \frac{8,81 \text{ ton}}{7 \text{ jam}} \\ &= 1,26 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

Tabel 8. Produktivitas harian normal pada jalur kritis

No.	Kegiatan dengan Jalur Kritis	Bobot Kegiatan (Ton)	PHN Perhari (Ton/Hari)	PHN Perjam (Ton/Jam)
1	General	21,76	10,88	1,55
2	1st Steel Cutting	14,94	14,94	2,13
3	Pre-Fabrication	881,28	14,94	2,13
4	Transv. BHD (Center) (Panel Fabrication)	185,07	8,81	1,26
5	Transv. BHD (Portside & Starboard) (Panel Fabrication)	193,88	8,81	1,26
6	Bottom Shell (Panel Fabrication)	299,64	8,81	1,26
7	Long BHD (Portside & Starboard) (Panel Fabrication)	123,38	8,81	1,26
8	Main Deck (Center) (Panel Fabrication)	79,32	8,81	1,26
9	HeadLog Block (Panel Fabrication)	79,32	8,81	1,26
10	Side Shell (Portside & Starboard) (Panel Fabrication)	132,19	8,81	1,26
11	Main Deck (Portside & Starboard) (Panel Fabrication)	114,57	8,81	1,26
12	Log Stanchion (Panel Fabrication)	114,57	8,81	1,26
13	Log Stanchion (Visual Inspection)	80,12	10,01	1,43
14	Painting	881,28	20,49	2,93
15	Launching Preparation	7,41	3,70	0,53
16	Launching	3,70	3,70	0,53
17	Final Tank Inspection	51,84	3,70	0,53
18	Delivery	7,41	3,70	0,53

3.4. Alternatif Percepatan Kegiatan dengan Penambahan Jam Kerja

Salah satu alternatif percepatan penyelesaian proyek yaitu penambahan jam kerja (lembur). Jam kerja normal di PT. XYZ adalah 07.30 s/d 15.30 dengan 7 jam kerja dan 1 jam istirahat pada jam 12.00 s/d 13.00, untuk penambahan jam kerja (lembur) di PT. XYZ yaitu 4 jam kerja (15.30 s/d 19.30). Menurut [10] untuk jam lembur selama 4 jam nilai koefisien pengurangan produktivitasnya sebesar 0,6. Produktivitas percepatan akibat penambahan jam kerja dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Prod. Perc. Penambahan Jam Kerja} = \text{Prod. Normal} + (\text{Prod. Perjam} \times \text{Koef. Pengurangan Prod.} \times \text{Jam Lembur})$$

Contoh perhitungan produktivitas percepatan akibat penambahan jam kerja pada kegiatan jalur kritis *panel fabrication transv. BHD (center)*:

$$\begin{aligned} \text{Prod. Normal} &= 8,81 \text{ ton} \\ \text{Prod. Perjam} &= 1,26 \text{ ton/jam} \\ \text{Koef. Pengurangan Prod.} &= 0,6 \\ \text{Durasi jam lembur} &= 4 \text{ jam} \\ \text{Prod. Perc. Penambahan Jam Kerja} &= 8,81 + (1,26 \text{ ton/jam} \times 0,6 \times 4 \text{ jam}) \\ &= 11,83 \text{ ton} \end{aligned}$$

Tabel 9. Produktivitas percepatan penambahan jam kerja

No.	Kegiatan dengan Jalur Kritis	Prod. Percepatan Penambahan Jam Kerja (Ton)
1	General	14,61
2	1st Steel Cutting	20,06
3	Pre-Fabrication	20,06
4	Transv. BHD (Center) (Panel Fabrication)	11,83
5	Transv. BHD (Portside & Starboard) (Panel Fabrication)	11,83
6	Bottom Shell (Panel Fabrication)	11,83
7	Long BHD (Portside & Starboard) (Panel Fabrication)	11,83
8	Main Deck (Center) (Panel Fabrication)	11,83
9	HeadLog Block (Panel Fabrication)	11,83
10	Side Shell (Portside & Starboard) (Panel Fabrication)	11,83
11	Main Deck (Portside & Starboard) (Panel Fabrication)	11,83
12	Log Stanchion (Panel Fabrication)	11,83
13	Log Stanchion (Visual Inspection)	13,45
14	Painting	27,52
15	Launching Preparation	4,97
16	Launching	4,97
17	Final Tank Inspection	4,97
18	Delivery	4,97

3.5. Alternatif Percepatan Kegiatan dengan Penambahan Man Power

Alternatif percepatan penyelesaian proyek lainnya yaitu penambahan *man power*. Untuk penambahan *man power* pada proyek pembangunan *Deck Cargo Barge 250x80x14 ft*

diasumsikan sebesar 34% dari peningkatan produktivitas harian akibat penambahan jam kerja (lembur). Peningkatan produktivitas harian akibat penambahan jam kerja (lembur) dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Peningkatan Prod. Harian Akibat Penambahan Jam Kerja} = \frac{\text{Prod. Perc. Penambahan Jam Kerja} - \text{Prod. Normal}}{\text{Prod. Normal}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan produktivitas harian akibat penambahan jam kerja pada kegiatan jalur kritis *panel fabrication transv. BHD (center)*:

$$\begin{aligned} \text{Prod. Perc. Penambahan Jam Kerja} &= 11,83 \text{ ton} \\ \text{Prod. Normal} &= 8,81 \text{ ton} \\ \text{Peningkatan Prod. Harian Akibat Penambahan Jam Kerja} &= \frac{11,83 - 8,81}{8,81} \times 100\% = 34\% \end{aligned}$$

Untuk penambahan *man power* dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Penambahan Man Power} &= 34\% \times \text{Man Power Awal} \\ \text{Contoh perhitungan penambahan man power pada kegiatan jalur kritis panel fabrication transv. BHD (center):} \\ \text{Penambahan Man Power} &= 34\% \times 15 \text{ orang} \\ &= 5,14 \text{ orang dibulatkan menjadi 5 orang} \end{aligned}$$

Tabel 10. Produktivitas percepatan penambahan man power

No.	Kegiatan dengan Jalur Kritis	Man Power Awal	Penambahan Man Power	Produktivitas Percepatan (Ton)
1	General	2	1	16,32
2	1st Steel Cutting	7	2	19,20
3	Pre-Fabrication	24	8	19,92
4	Transv. BHD (Center) (Panel Fabrication)	15	5	11,75
5	Transv. BHD (Portside & Starboard) (Panel Fabrication)	15	5	11,75
6	Bottom Shell (Panel Fabrication)	33	11	11,75
7	Long BHD (Portside & Starboard) (Panel Fabrication)	42	14	11,75
8	Main Deck (Center) (Panel Fabrication)	35	12	11,83
9	HeadLog Block (Panel Fabrication)	41	14	11,82
10	Side Shell (Portside & Starboard) (Panel Fabrication)	39	13	11,75
11	Main Deck (Portside & Starboard) (Panel Fabrication)	36	12	11,75
12	Log Stanchion (Panel Fabrication)	35	12	11,83
13	Log Stanchion (Visual Inspection)	33	11	13,35
14	Painting	30	10	27,33
15	Launching Preparation	19	7	5,07
16	Launching	19	7	5,07
17	Final Tank Inspection	13	4	4,84
18	Delivery	9	3	4,94
Total		447	151	

3.6. Perhitungan *Crash Duration*, *Normal Cost* dan *Crash Cost*

Crash duration adalah waktu tersingkat untuk menyelesaikan suatu kegiatan yang secara teknis masih mungkin. *Crash duration* biasanya digunakan untuk mempercepat proyek agar selesai lebih singkat dengan memaksimalkan sumber daya, seperti *man power* atau peralatan, untuk mempercepat penyelesaian proyek.

$$\text{Crash Duration Penambahan Jam Kerja} = \frac{\text{Volume}}{\text{Prod.Percepatan Penambahan Jam Kerja}}$$

Prod.Percepatan Penambahan Jam Kerja

Contoh perhitungan *crash duration* penambahan jam kerja pada kegiatan jalur kritis *panel fabrication transv. BHD (center)*:

Volume = 185,07 ton

Prod. Percepatan Penambahan Jam Kerja = 11,83 ton

$$\text{Crash Duration Penambahan Jam Kerja} = \frac{185,07 \text{ ton}}{11,83 \text{ ton}} = 15,64 \text{ dibulatkan menjadi 16 hari}$$

$$\text{Crash Duration Penambahan Man Power} = \frac{\text{Volume}}{\text{Prod.Percepatan Penambahan Man Power}}$$

Prod.Percepatan Penambahan Man Power

Contoh perhitungan *crash duration* penambahan *man power* pada kegiatan jalur kritis *panel fabrication transv. BHD (center)*:

Volume = 185,07 ton

Prod. Percepatan Penambahan Man Power = 11,75 ton

$$\text{Crash Duration Penambahan Man Power} = \frac{185,07 \text{ ton}}{11,75 \text{ ton}} = 15,75 \text{ dibulatkan menjadi 16 hari}$$

Normal cost atau biaya normal adalah biaya yang dikeluarkan untuk menyelesaikan proyek pekerjaan sesuai dengan waktu normal yang meliputi biaya *man power* dan biaya material yang digunakan.

$$\text{Normal Cost} = \text{Biaya Normal Harian} \times \text{Man Power Awal} \times \text{Durasi Awal}$$

Contoh perhitungan *normal cost* pada kegiatan jalur kritis *panel fabrication transv. BHD (center)*:

Biaya Normal Harian = Rp. 195,251

Man Power Awal = 15 orang

Durasi Awal = 21 hari

$$\text{Normal Cost} = \text{Rp. } 195,251 \times 15 \text{ orang} \times 21 \text{ hari} = \text{Rp. } 61,504,065$$

Crash cost adalah total biaya yang dikeluarkan setelah melakukan percepatan suatu proyek pekerjaan. Salah satu penyebab *crash cost* yaitu adanya penambahan jam kerja (lembur). Besar biaya lembur selama 4 jam kerja yaitu sebesar Rp. 220,080.

$$\text{Crash Cost (Lembur)} = \text{Cost Lembur} \times \text{Crash Duration} \times \text{Jumlah MP Awal}$$

Contoh perhitungan *crash cost* penambahan jam kerja (lembur) pada kegiatan jalur kritis *panel fabrication transv. BHD (center)*:

Cost Lembur = Rp. 415,331

Crash Duration = 16 hari

Jumlah Man Power Awal = 15 orang

$$\text{Crash Cost (Lembur)} = \text{Rp } 415,331 \times 16 \text{ hari} \times 15 \text{ orang} = \text{Rp } 107,805,600$$

$$\text{Crash Cost (Man Power)} = \text{Upah Normal} \times \text{Penambahan MP} \times$$

$$\text{Crash Duration Penambahan MP}$$

Contoh perhitungan *crash cost* penambahan *man power* pada kegiatan jalur kritis *panel fabrication transv. BHD (center)*:

Upah Normal = Rp. 195,251

Penambahan Man Power = 20 orang

Crash Duration Penambahan Man Power = 16 hari

$$\text{Crash Cost (Man Power)} = \text{Rp } 195,251 \times 20 \text{ orang} \times 16 \text{ hari} = \text{Rp } 62,480,320$$

3.7. Hasil Analisis Perhitungan

Hasil analisa dengan *Critical Path Method* perhitungan *crash duration*, *normal cost*, dan *crash cost* pada proyek pembangunan *Deck Cargo Barge 250x80x14 ft* pada 18 kegiatan jalur kritis sebagai berikut:

Tabel 11. Perbandingan crash duration, crash cost dan normal cost

No.	Kegiatan dengan Jalur Kritis	Crash Duration (Days)		Crash Cost		Normal Cost
		Jam Kerja	Man Power	Jam Kerja	Man Power	
1	General	1	1	Rp 830,662	Rp 585,753	Rp 781,004
2	1st Steel Cutting	1	1	Rp 2,907,317	Rp 1,757,259	Rp 1,366,757
3	Pre-Fabrication	44	44	Rp 438,589,536	Rp 274,913,408	Rp 276,475,416
4	Transv. BHD (Center) (Panel Fabrication)	16	16	Rp 99,679,440	Rp 62,480,320	Rp 61,504,065
5	Transv. BHD (Portside & Starboard) (Panel Fabrication)	16	17	Rp 99,679,440	Rp 66,385,340	Rp 64,432,830
6	Bottom Shell (Panel Fabrication)	25	26	Rp 324,648,075	Rp 223,367,144	Rp 219,071,622
7	Long BHD (Portside & Starboard) (Panel Fabrication)	10	11	Rp 174,439,020	Rp 120,274,616	Rp 114,807,588
8	Main Deck (Center) (Panel Fabrication)	7	7	Rp 101,756,095	Rp 64,237,579	Rp 61,504,065
9	HeadLog Block (Panel Fabrication)	7	7	Rp 119,199,997	Rp 75,171,635	Rp 72,047,619
10	Side Shell (Portside & Starboard) (Panel Fabrication)	11	11	Rp 178,176,999	Rp 111,683,572	Rp 114,221,835
11	Main Deck (Portside & Starboard) (Panel Fabrication)	10	10	Rp 149,519,160	Rp 93,720,480	Rp 91,377,468
12	Log Stanchion (Panel Fabrication)	10	10	Rp 145,365,850	Rp 91,767,970	Rp 88,839,205
13	Log Stanchion (Visual Inspection)	6	6	Rp 82,235,538	Rp 51,546,264	Rp 51,546,264
14	Painting	32	32	Rp 398,717,760	Rp 249,921,280	Rp 251,873,790
15	Launching Preparation	1	1	Rp 7,891,289	Rp 5,076,526	Rp 7,419,538
16	Launching	1	1	Rp 7,891,289	Rp 5,076,526	Rp 3,709,769
17	Final Tank Inspection	10	11	Rp 53,993,030	Rp 36,511,937	Rp 35,535,682
18	Delivery	1	2	Rp 3,737,979	Rp 4,686,024	Rp 3,514,518
	Total Biaya			Rp 2,407,258,476	Rp 1,539,163,333	Rp 1,520,029,035

- Total durasi dan biaya normal sebelum dilakukan percepatan proyek menggunakan opsi penambahan jam kerja dan penambahan *man power* pada kegiatan jalur kritis:

Durasi Normal : 156 Hari
 Jumlah *Man Power* Normal : 447 Orang
 Biaya Normal :Rp 1,520,029,035

- Total durasi dan biaya setelah dilakukan percepatan dengan opsi penambahan jam kerja:

Durasi Normal : 156 Hari
 Percepatan Durasi : 37 Hari
Man Power : 447 Orang
 Biaya Percepatan :Rp 2,407,258,476
 : Rp 887,229,441

- Total durasi dan biaya setelah dilakukan percepatan dengan opsi penambahan *man power*:

Durasi Normal : 156 Hari
 Percepatan Durasi : 32 Hariman

Man Power : 447 Orang
 Penambahan *Man Power* : 151 orang
 Biaya Percepatan :Rp 1,539,163,633
 : Rp 19,134,598

3.8. Hubungan Hasil Analisis FTA dan Hasil Penjadwalan Ulang CPM

Berdasarkan hasil analisis *Fault Tree Analysis* (FTA) faktor penyebab utama terjadinya keterlambatan proyek pembangunan *Deck Cargo Barge* 250x80x14 ft yaitu kondisi lapangan (peralatan dan fasilitas terbatas). Sesuai dengan analisis *Critical Path Method* (CPM) terdapat 18 kegiatan kritis dimana 17 di antaranya didominasi disebabkan oleh faktor kondisi lapangan (peralatan dan fasilitas yang terbatas). Berdasarkan *S-curve*, proyek *Deck Cargo Barge* 250x80x14 ft mengalami keterlambatan pada minggu ke-14, yaitu pada kegiatan *erection*, kegiatan *erection* disebabkan oleh faktor kondisi lapangan, yaitu terbatasnya peralatan dan

fasilitas, yang mengakibatkan keterlambatan kegiatan lainnya hingga proses *delivery* tertunda.

4. Kesimpulan

Berdasarkan *S-curve*, proyek *Deck Cargo Barge* 250x80x14 ft mengalami keterlambatan pada minggu ke-14, yaitu pada kegiatan *erection*, kegiatan *erection* disebabkan oleh faktor kondisi lapangan, yaitu terbatasnya peralatan dan fasilitas, yang mengakibatkan keterlambatan kegiatan lainnya hingga proses *delivery* tertunda. Berdasarkan hasil analisis kualitatif *Fault Tree Analysis* (FTA) terdapat 6 *intermediate event* dan 23 *basic event* salah satunya yaitu kondisi lapangan (peralatan dan fasilitas terbatas) yang menyebabkan proyek pembangunan *Deck Cargo Barge* 250x80x14 ft. Sedangkan untuk hasil analisis kuantitatif *minimal cut set Fault Tree Analysis* (FTA) diperoleh nilai probabilitas tertinggi yaitu pada *intermediate event* kondisi lapangan dan pengadaan material dengan nilai sebesar 0,2585 dan 0,1206. Berdasarkan hasil penjadwalan ulang dengan metode *Critical Path Method* (CPM) diperoleh 51 kegiatan, dimana diantara 51 kegiatan tersebut terdapat 18 kegiatan kritis selama proses pembangunan proyek *Deck Cargo Barge* 250x80x14 ft. Dari 18 kegiatan kritis tersebut, 17 diantaranya didominasi oleh faktor kondisi lapangan. Oleh karena itu, alternatif penambahan peralatan dan fasilitas (seperti *crane*) sangat disarankan untuk mempercepat proses penyelesaian proyek.

Referensi

- [1] D. A. Prayogo dan H. A. Kurniawati, "Desain Deck Cargo Barge sebagai Arena Konser Terapung untuk Daerah Perairan Gili Trawangan – Gili Meno – Gili Air, Lombok," vol. 7, pp. G155-G160, 2018.
- [2] S. Wahyuningsih, M. Ir. Imam Pujo Mulyanto dan M. Ir. Sarjito Joko Sisworo, "Analisa Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Reparasi dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Penjadwalan Ulang dengan Critical Path Method (CPM) pada Kapal MT. Alice XXV di Galangan Semarang," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 11, pp. 2-12, 1 Januari 2023.
- [3] A. Frederika, "Analisis Percepatan Pelaksanaan Dengan Menambah Jam Kerja Optimum Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Super Villa, Peti Tenget-Badung)," vol. 14, pp. 1-14, Juli 2010.
- [4] E. R. Anggraeni, W. Hartono dan Sugiyarto, "Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Crashing Dengan Penambahan Tenaga Kerja Dan Shift Kerja (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha, Yogyakarta)," pp. 4-6, Juni 2017.
- [5] C. A. E. II, dalam *Hazard Analysis Techniques for System Safety*, 2 penyunt., John Wiley & Sons, 2005, p. Chapter 15.
- [6] R. Kurniawan, "Studi Keterlambatan Proyek Pembangunan Kapal Kargo Dengan Metode Bow Tie Analysis," pp. 15-53, 2015.
- [7] L. K. Padaga, I. Rochani dan Y. Mulyadi, "Penjadwalan Berdasarkan Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Reparasi Kapal : Studi Kasus MV.Blossom," vol. 7, pp. G3-G5, 2018.
- [8] I. I. Soeharto, Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional), Jilid 1 Konsep, Studi Kelayakan, dan Jaringan Kerja, Edisi Kedua penyunt., Jakarta: Penerbit Erlangga, 1999, pp. 254-267.