

KAJIAN PERCEPATAN PENJADWALAN PEMBANGUNAN *LANDING CRAFT UTILITY* (LCU) DENGAN METODE SIMULASI MONTE CARLO

*Maulidya Octaviani Bustamin*¹⁾ dan *Nadjadji Anwar*²⁾

¹⁾ *Program Studi Magister Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jl. Cokroaminoto 12A, Surabaya, 60264, Indonesia
e-mail: octaviani.maulidya@gmail.com*

²⁾ *Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*

ABSTRAK

Suatu pelaksanaan konstruksi proyek biasanya mengalami keterlambatan waktu pelaksanaan yang cukup lama sehingga harus pula mengeluarkan biaya lebih. Sesuai dengan perjanjian kerja sebuah pembangunan kapal akan banyak hal yang akan disepakati berkaitan dengan pembangunan kapal tersebut salah satunya proses pembangunan *Hull Construction* LCU.

Untuk tercapainya proses pembangunan pada waktu yang telah ditentukan dan mendapatkan kualitas produksi yang diharapkan, maka urutan dari proses pembangunan sebuah kapal harus ditentukan secara rasional dan disesuaikan dengan fasilitas produksi yang tersedia di galangan. Tujuan dari penyusunan Tesis ini adalah untuk membuat penjadwalan probabilistik yang sifatnya tidak tentu yang mengakibatkan proyek pembangunan melebihi estimasi waktu yang telah direncanakan. Penelitian mengenai penjadwalan probabilistic pada Tesis ini akan diaplikasikan pada proyek pembangunan kapal *Landing Craft Utility* (LCU).

Tahap yang akan dilakukan antara lain dengan cara mengumpulkan data penjadwalan proyek, menentukan hubungan antar aktivitas proyek, melakukan estimasi durasi aktivitas proyek serta melakukan simulasi dengan menggunakan *Monte Carlo Simulation*.

Dari hasil simulasi didapatkan pengerjaan pembangunan *Landing Craft Utility* pada bagian *Hull Construction*, yang semula selama 102 hari dipercepat menjadi 99 hari dengan tingkat keyakinannya sebesar 100%, 94 hari tingkat keyakinannya hingga sebesar 60%, dan untuk percepatan menjadi 90 hari tingkat keyakinannya hanya sebesar 3%. Berdasarkan hasil tersebut didapatkan durasi optimal selama 94 hari dengan percepatan penjadwalan pembangunan kapal LCU selama 8 hari dengan penambahan biaya tenaga kerja yang harus dikeluarkan sebesar Rp 27.300.000,- atau sekitar 9,8% dari keseluruhan biaya.

Kata kunci: *Landing Craft Utility, Monte Carlo Simulation, Hull Construction*

1. PENDAHULUAN

Peran angkutan laut di Indonesia yang merupakan negara kepulauan adalah sangat penting. Angkutan barang melalui laut sangat efisien dibanding moda angkutan darat dan udara. Hampir semua barang impor, ekspor, dan muatan dalam jumlah sangat besar diangkut dengan menggunakan kapal laut. Banyak sekali sumber daya alam yang dihasilkan oleh

laut Indonesia ini yang memicu perindustrian kapal dan bangunan lepas pantai berkembang pesat. Tentu banyak sekali perusahaan di dalam negeri ataupun diluar negeri membuat bangunan laut seperti kapal dan bangunan lepas pantai lainnya. Dalam pembuatan bangunan tersebut membutuhkan waktu dan biaya yang tepat agar proyek pembangunan kapal berjalan dengan jadwal yang

disepakati sebelumnya oleh pihak galangan dan dengan *owner*.

Dalam sebuah kontrak kerja sebuah pembangunan kapal akan banyak hal yang akan disepakati berkaitan dengan proses pembangunan tersebut. Yang paling penting adalah mengenai waktu pembangunan, yaitu waktu dimana sebuah proyek siap dimulai sampai bangunan tersebut selesai dibangun hingga siap dirasakan manfaatnya. Selain itu, nilai proyek juga sangat penting pada sebuah proyek, bisa jadi nilai merupakan parameter utama dari disetujuinya proyek pembangunan kapal.

Monte Carlo Simulation atau disingkat MCS adalah salah satu teknik asesmen risiko kuantitatif yang dapat digunakan oleh berbagai organisasi dalam proses manajemen risiko, terutama dalam tahapan analisis risiko dan/atau evaluasi risiko yang memiliki fenomena variabel acak. Analisis dan evaluasi risiko dengan fenomena variabel acak tidak hanya terjadi untuk peristiwa-peristiwa risiko pasar, risiko kredit, dan risiko operasional dalam dunia perbankan, tetapi juga untuk risiko operasional di berbagai industri lain misalnya industri minyak dan gas dan pertambangan maupun perkapalan. Selain itu pula perlu dilakukan percepatan penjadwalan dengan random acak untuk mengetahui durasi percepatan yang paling efisien tanpa mengabaikan biaya yang harus dikeluarkan.

Keterlambatan pada penjadwalan proyek terjadi dikarenakan adanya keterlambatan pula pada suplai material yang digunakan untuk pembangunan kapal. Serta adanya pengaruh dari sumber daya galangan yang memungkinkan terjadinya keterlambatan.

Atas dasar tersebut penulis berharap dapat memberikan solusi percepatan waktu akibat keterlambatan tersebut dalam proyek pembangunan pada *Landing Craft Utility* (LCU) dengan menggunakan *Monte Carlo Simulation* (MCS).

Tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah untuk membuat model simulasi percepatan penjadwalan pengerjaan proyek pembangunan *Hull Construction* kapal LCU dengan menggunakan *Monte Carlo Simulation* berdasarkan tingkat keyakinan penyelesaian dan menganalisa pengaruh percepatan waktu pembangunan *Hull Construction* kapal LCU terhadap jam kerja dan biaya tenaga kerja sehingga dapat memberikan manfaat serta solusi kepada perusahaan dalam usaha mempercepat waktu pengerjaan pembangunan proyek LCU dengan distribusi probablistik akibat adanya keterlambatan, selain itu juga dapat memberikan informasi mengenai waktu dan biaya tenaga kerja yang dapat dipertimbangkan dalam proses pembangunan kapal, dapat bermanfaat pada hasil yang didapat sesuai dengan rencana sebelumnya untuk mendekati target durasi yang diharapkan oleh *owner*.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan secara garis besar terdiri atas beberapa tahap, yaitu tahap identifikasi, membuat jaringan kerja, kemudian mempercepat umur proyek, pengolahan durasi percepatan dengan model simulasi monte carlo, serta menentukan jam kerja dan biaya tenaga kerja. Tahap Identifikasi dilakukan dengan identifikasi kondisi proyek, permasalahan, dan pengumpulan data yang relevan.

Membuat *Network Planning*

Analisis dengan menggunakan *Network* dapat membantu dalam menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang paling efisien. Disamping itu, *Network* dengan menggunakan *Critical Path Methode* (CPM) dan *Program Evaluation Review and Technique* (PERT) juga dapat dipergunakan sebagai alat pengawasan. CPM adalah metode yang berorientasi pada waktu yang mengarah pada

penentuan jadwal dan estimasi waktunya bersifat deterministik/pasti.

Sedangkan PERT metode yang berorientasi pada waktu yang mengarah pada penentuan jadwal dan waktunya bersifat probabilistik/kemungkinan. Akan tetapi dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah CPM. Metode ini dapat diharapkan dapat mengontrol koordinasi berbagai kegiatan dalam suatu pekerjaan sehingga proyek dapat diselesaikan dalam jangka waktu yang tepat dan juga dapat membantu perusahaan dalam mengadakan perencanaan dan pengendalian proyek.

Menurut Kerzer (1995) suatu proyek dapat dikatakan sukses bila mampu memenuhi ruang lingkup proyek (*scope*) menyelesaikan proyek dengan tepat waktu atau lebih singkat dari waktu yang telah disepakati, dan menghemat dana yang tersedia secara bersamaan. Pendekatan menggunakan *critical path method* memberikan mekanisme dalam mengidentifikasi dan sesuatu yang kritis dalam kondisi ketidakpastian proyek. Metode ini memungkinkan untuk mengantisipasi kondisi ketidakpastian dan variabilitas yang mungkin terjadi dalam sebuah proyek.

Beberapa keuntungan menggunakan metode CPM adalah, meningkatnya tingkat kesuksesan proyek, proyek dapat berjalan tepat waktu, proyek terselesaikan dengan biaya dibawah yang dianggarkan, mengurangi durasi proyek, penyederhanaan manajemen proyek, peningkatan pencapaian proyek dengan jumlah *resource* yang sama

CPM memberikan berbagai informasi penting mengenai spesifik proyek, yakni total waktu untuk menyelesaikan proyek, awal dijadwalkan dan tanggal selesai setiap tugas yang berkaitan dengan selesainya proyek, lintasan "kritis" dalam proyek dan harus diselesaikan persis seperti yang dijadwalkan, tenggang waktu yang tersedia dalam non-tugas penting, serta berapa lama mereka dapat ditunda sebelum

kegiatan tersebut mempengaruhi tanggal selesainya suatu proyek.

Jalur kritis adalah jalur terpanjang pada *network planning* sehingga memiliki durasi pengerjaan terpanjang. Dari sini dapat diketahui waktu yang dapat dipersingkat untuk menyelesaikan proyek. setiap keterlambatan kegiatan pada jalur kritis langsung berdampak pada penyelesaian proyek yang telah direncanakan. Total jangka waktu yang lebih pendek dari jalur kritis disebut sub-kritis atau non-kritis.

Dalam CPM dianalisa kegiatan apa saja yang memiliki paling sedikit fleksibilitas penjadwalan, yaitu yang paling *mission critical*, kemudian diprediksi jadwal durasi proyek berdasarkan kegiatan yang jatuh sepanjang "jalur kritis". Kegiatan yang terletak di sepanjang jalur kritis tidak dapat ditunda atau waktu penyelesaian untuk keseluruhan proyek akan tertunda juga. Tidak hanya perencanaan penyusunan jadwal, CPM juga membantu dalam perencanaan sumber daya.

Mempercepat Umur Proyek

Keadaan yang dihadapi disini adalah adanya perbedaan antara umur perkiraan proyek dan umur rencana proyek. Umur rencana proyek biasanya lebih pendek lebih dari pada umur perkiraan proyek. Umur perkiraan proyek ditentukan oleh lintasan kritis yang terlama waktu pelaksanaannya, dan waktu pelaksanaan tersebut merupakan jumlah lama kegiatan perkiraan dari kegiatan-kegiatan kritis yang membentuk lintasan kritis. Sedangkan umur rencana proyek ditentukan berdasarkan kebutuhan manajemen dan atau waktu sebab-sebab lain.

Supaya proyek dapat diselesaikan dengan rencana, umur perkiraan proyek harus disamakan dengan umur rencana proyek. Caranya dengan mempercepat lama kegiatan perkiraan secara proporsional (catatan: hal terakhir ini berlaku untuk keadaan yang tidak ada

ketentuan-ketentuan lain yang harus dipenuhi). Syarat mempercepat umur proyek adalah telah ada *network diagram* yang tepat, lama kegiatan perkiraan masing-masing kegiatan telah ditentukan. Kemudian dihitung EET dan LET semua peristiwa, serta ditentukan pula umur rencana proyek (UREN).

Perkiraan waktu penyelesaian proyek menggunakan *Single duration estimate*, atau perkiraan waktu tunggal untuk setiap aktivitas. Cara ini dapat dilakukan apabila durasi dapat diketahui dengan akurat dan tidak terlalu berfluktuasi. Pendekatan CPM menggunakan cara ini karena CPM beranggapan bahwa setiap *fluktuasi* dapat diatasi dengan fungsi kontrol.

Prosedur mempercepat umur proyek adalah:

1. Membuat *network diagram* dengan nomor-nomor peristiwa sama seperti semula dengan lama kegiatan perkiraan baru untuk langkah perkiraan baru untuk langkah ulangan, dan sama dengan semula untuk langkah siklus utama.
2. Dengan dasar EET peristiwa awal, $EET_1 = 0$, dihitung EET lainnya. Umur perkiraan proyek (UPER) = EET peristiwa akhir (EET_m, m adalah nomor peristiwa akhir *network diagram* atau nomor maksimal peristiwa).
3. Dengan dasar LET peristiwa akhir *network diagram* (LET_m) = umur proyek direncanakan (UREN), dihitung LET semua peristiwa.
4. Hitung TF semua kegiatan yang ada. Bila tidak ada TF yang berharga negative, proses perhitungan selesai. Bila masih ada TF berharga negative, lanjutkan ke langkah berikut. Cari lintasan-lintasan yang terdiri dari kegiatan yang TF masing-masing besarnya:

$$\text{Total Float} = \text{LET} - \text{L} - \text{EET} \quad (1)$$

5. Lama kegiatan dari peristiwa tersebut diatas adalah Ln, n adalah nomor urut

kegiatan tersebut dalam satu lintasan.
 $n = 1, 2, 3, \dots, z$

6. Hitung lama kegiatan baru dari kegiatan tersebut diatas (langkah ke - e dan f) dengan menggunakan:

$Ln(\text{baru}) =$

$$Ln(\text{lama}) + \frac{Ln(\text{lama})}{Li} \times (\text{UREN} - \text{UPER}) \quad (2)$$

Keterangan:

$Ln(\text{baru})$ = Lama kegiatan baru

$Ln(\text{lama})$ = Lama kegiatan lama

Li = Jumlah lama kegiatan

satu lintasan dipercepat

UREN = Umur rencana proyek

UPER = Umur perkiraan proyek

Simulasi Monte Carlo

Suatu metode untuk mengevaluasi model deterministik dengan menggunakan sekumpulan bilangan acak (*random number*) sebagai masukan. Metode *Monte Carlo* hanyalah salah satu metode yang dapat dilakukan untuk melakukan analisa propagasi ketidakpastian, dimana tujuannya adalah untuk menentukan bagaimana variasi acak dari parameter masukan peluang kegagalan atau $F(x)$ dari unit atau sistem yang mempengaruhi kehandalan dari sistem yang sedang dimodelkan. Ilustrasi variasi acak dari parameter masukan dan pengaruh terhadap kehandalan. Kehandalan dan *maintainability* alat atau sistem dapat disimulasikan dengan menggunakan *random number* yang dihasilkan dari *Excel's RAND ()*. Fitur ini dapat digunakan untuk menghasilkan bilangan acak (*random number*) antara nilai minimum dan maksimum.

Metode Monte Carlo mensimulasikan sistem tersebut berulang-ulang kali, ratusan bahkan sampai ribuan kali tergantung sistem yang ditinjau, dengan cara memilih sebuah nilai random untuk setiap variabel dari distribusi probabilitasnya. Hasil yang didapatkan dari simulasi tersebut adalah sebuah distribusi probabilitas dari nilai sebuah sistem secara keseluruhan. Dalam bidang manajemen proyek Metode *Monte Carlo Simulation* ini digunakan untuk

menghitung atau mengiterasi biaya dan waktu sebuah proyek dengan menggunakan nilai-nilai yang dipilih secara random dari distribusi probabilitas biaya dan waktu yang mungkin terjadi, dengan tujuan untuk menghitung distribusi kemungkinan biaya dan waktu total dari sebuah proyek (Project Management Institute, 2004).

Pada umumnya literatur-literatur manajemen proyek menempatkan simulasi Monte Carlo dibawah topik manajemen resiko, atau kadang berada pada topik manajemen waktu dan manajemen biaya. Project Management Institute (2004) menerapkan sebuah pendekatan standar manajemen resiko yang meliputi enam proses; Perencanaan Manajemen Resiko, Identifikasi Resiko, Kualifikasi Resiko, Kuantifikasi Resiko, Perencanaan Respon Resiko, dan Pemantauan & Evaluasi Resiko, simulasi Monte Carlo ditempatkan sebagai bagian dari proses Kuantifikasi Resiko.

Tinjauan Jam Orang

Fungsi penentuan jam orang bagi suatu perusahaan khususnya galangan adalah sebagai pedoman dalam menentukan tarif jasa pekerjaan. Tarif jasa untuk pekerjaan dapat diperkirakan dari besarnya jumlah jam orang untuk volume pekerjaan yang diberikan. Selain itu penentuan jam orang juga digunakan untuk memperkirakan besarnya volume pekerjaan yang disesuaikan dengan fasilitas yang ada dan metode yang akan digunakan, sehingga dapat dijadikan sebagai pedoman pada pekerjaan berikutnya yang berkaitan erat dengan waktu penyelesaian suatu beban pekerjaan.

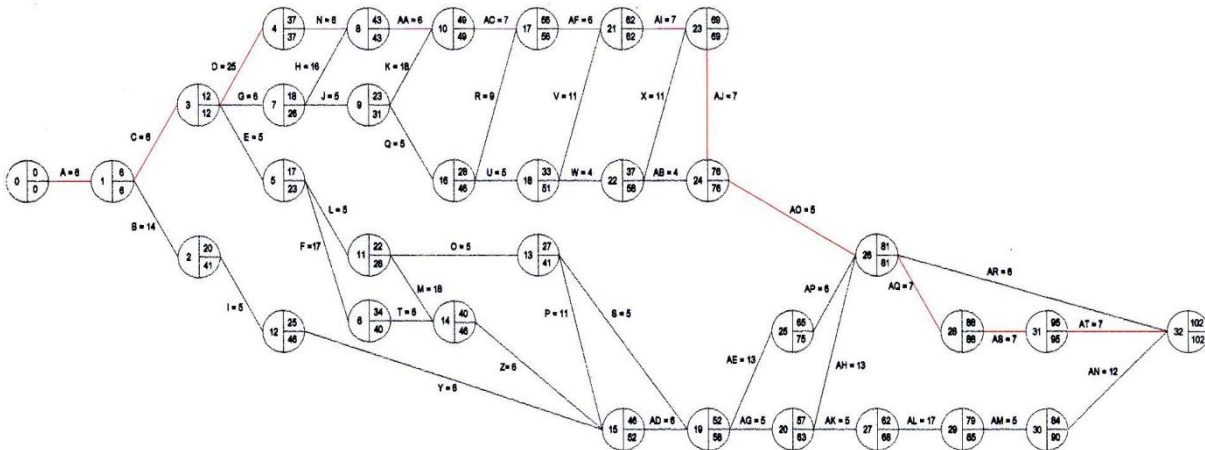
Penentuan jam orang pada awalnya dilakukan dengan cara pendekatan rumus atau berdasarkan standart jam orang yang telah ada (JO Standart). Akan tetapi dengan pendekatan rumus sulit diterapkan untuk perusahaan galangan di Indonesia, hal ini disebabkan karena pendekatan rumus tersebut didapat dari data untuk galangan di negara maju, sedangkan galangan di Indonesia pada umumnya berbeda kondisinya dengan galangan di negara maju. Dengan demikian pendekatan dengan menggunakan rumus sulit diterapkan. Sedangkan cara yang tepat adalah dengan menggunakan standart yang telah ada dari pekerjaan yang dilakukan galangan atau dengan standart jam orang dari galangan lain dengan koreksi tertentu.

Penentuan jam orang dan jam mesin sangatlah diperlukan dalam memperkirakan beberapa biaya yang dikeluarkan untuk suatu pekerjaan. Sehingga pada tahap perencanaan pekerjaan perlu adanya penentuan jam orang dan jam mesin yang optimal. Jam orang (JO) dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$JO = \frac{\text{Volume atau berat baja yang diproses (kg)}}{\text{Standart kerja atau faktor jam orang } \left(\frac{\text{kg}}{\text{jam orang}}\right)} \quad (3)$$

Standart jam orang ini ditentukan dengan menggunakan standart yang telah ada, baik berdasarkan data yang telah dianalisa maupun pengoreksian standart galangan lain. Standart jam orang tidak dapat berubah kecuali adanya perubahan penerapan metode produksi dan penggunaan teknologi baru dalam proses produksi. Perhitungan diatas untuk tiap komponen pekerjaan kemudian dijumlahkan, sehingga didapat perkiraan pemakaian jam orang secara keseluruhan secara menyeluruh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. *Network Planning Durasi Awal*

Tabel 1. *Aktivitas, Dependency dan Durasi Kegiatan Pembangunan LCU*

No	Nama	Kegiatan	Ketergantungan	Durasi (hari)
1	A	Fabrication DB1	-	6
2	B	Assembly DB1	A	14
3	C	Fabrication DB2 + ER	A	6
4	D	Assembly DB2 + ER	C	25
5	E	Fabrication UD1	C	5
6	F	Assembly UD1	E	17
7	G	Fabrication DB3 + UD2	C	6
8	H	Assembly DB3 + UD2	G	16
9	I	Erection DB1	B	5
10	J	Fabrication UD3	G	5
11	K	Assembly UD3	J	18
12	L	Fabrication EUD	E	5
13	M	Assembly EUD	L	18
14	N	Erection DB2	D	6
15	O	Fabrication AP	L	5
16	P	Assembly AP	O	11
17	Q	Fabrication FUD+FP	J	5
18	R	Assembly FUD+FP	Q	9
19	S	Fabrication PD	O	5
20	T	Erection UD1	F	6
21	U	Fabrication FC	Q	5
22	V	Assembly FC	U	11
23	W	Fabrication FBW	U	4
24	X	Assembly FBW	W	11
25	Y	Erection ER	I	6
26	Z	Erection EUD	M, T	6
27	AA	Erection DB3 + UD2	N, H	6
28	AB	Fabrication ABW	W	4
29	AC	Erection UD3	AA, K	7
30	AD	Erection AP	P, Y, Z	6
31	AE	Assembly PD	S, AD	13
32	AF	Erection FUD+FP	R, AC	6
33	AG	Fabrication BRD	S, AD	5
34	AH	Assembly BRD	AG	13
35	AI	Erection FC	V, AF	7
36	AJ	Erection FWB	X, AI	7
37	AK	Fabrication TD	AG	5
38	AL	Assembly TD	AK	17
39	AM	Fabrication FN	AL	5
40	AN	Assembly FN	AM	12
41	AO	Assembly ABW	AB, AJ	5
42	AP	Erection PD	AE	6
43	AQ	Erection ABW	AP, AO, AH	7
44	AR	Erection BRD	AP, AO, AH	6
45	AS	Erection TD	AQ	7
46	AT	Erection FN	AS	7

Setelah membuat *network diagram*, maka langkah selanjutnya adalah menganalisa waktu pelaksanaan kegiatan. Tujuannya adalah untuk mengetahui *earliest even time* (EET) dan *latest even time* (LET) dari sebuah *network diagram* secara menyeluruh sesuai dengan jaringan kerja yang telah dibuat sebelumnya.

EET merupakan suatu peristiwa yang mungkin terjadi dan tidak akan mungkin terjadi sebelumnya. Sedangkan LET merupakan saat yang paling lambat suatu peristiwa yang bersangkutan boleh terjadi dan tidak boleh terjadi sesudahnya, sehingga memungkinkan suatu proyek selesai pada waktu yang telah direncanakan.

Tabel 2. Perhitungan *Earliest Even Time* (EET)

Nama	EET Sebelum	EET Setelah	Jumlah Penambahan	Nama	EET Sebelum	EET Setelah	Jumlah Penambahan
EET ₀	-	-	0	EET ₁₇	28	9	37
EET ₁	0	6	6	EET ₁₈	28	5	33
EET ₂	6	14	20	EET ₁₉	27	5	32
EET ₃	6	6	12	EET ₁₉	46	6	52
EET ₄	12	25	37	EET ₂₀	52	5	57
EET ₅	12	5	17	EET ₂₁	56	6	62
EET ₆	17	17	34	EET ₂₁	33	11	44
EET ₇	12	6	18	EET ₂₂	33	4	37
EET ₈	37	6	43	EET ₂₃	62	7	69
EET ₉	18	16	34	EET ₂₃	37	11	48
EET ₉	18	5	23	EET ₂₄	37	4	41
EET ₁₀	43	6	49	EET ₂₄	69	7	76
EET ₁₀	23	18	41	EET ₂₅	52	13	65
EET ₁₁	17	5	22	EET ₂₆	57	13	70
EET ₁₂	20	5	25	EET ₂₆	65	6	71
EET ₁₃	22	5	27	EET ₂₆	76	5	81
EET ₁₄	22	18	40	EET ₂₇	57	5	62
EET ₁₄	34	6	40	EET ₂₈	81	7	88
EET ₁₅	25	6	31	EET ₂₉	62	17	79
EET ₁₅	40	6	46	EET ₃₀	79	5	84
EET ₁₅	27	11	38	EET ₃₁	88	7	95
EET ₁₆	23	5	28	EET ₃₂	81	6	87
EET ₁₇	49	7	56	EET ₃₂	95	7	102
				EET ₃₂	84	12	96

Tabel 3. Perhitungan *Latest Even Time* (LET)

Nama	LET Setelah	LET Sebelum	Jumlah Pengurangan	Nama	LET Setelah	LET Sebelum	Jumlah Pengurangan
LET ₃₁	102	7	95	LET ₁₄	52	6	46
LET ₃₀	102	12	90	LET ₁₃	52	11	41
LET ₂₉	90	5	85	LET ₁₃	58	5	53
LET ₂₈	95	7	88	LET ₁₂	52	6	46
LET ₂₇	85	17	68	LET ₁₁	41	5	36
LET ₂₆	102	6	96	LET ₁₁	46	18	28
LET ₂₆	88	7	81	LET ₁₀	56	7	49
LET ₂₅	81	6	75	LET ₉	49	18	31
LET ₂₄	81	5	76	LET ₉	46	5	41
LET ₂₃	76	7	69	LET ₈	49	6	43
LET ₂₂	76	4	72	LET ₇	31	5	26
LET ₂₂	69	11	58	LET ₇	43	16	27
LET ₂₁	69	7	62	LET ₆	46	6	40
LET ₂₀	68	5	63	LET ₅	40	17	23
LET ₂₀	81	13	68	LET ₅	28	5	23
LET ₁₉	63	5	58	LET ₄	43	6	37
LET ₁₉	75	13	62	LET ₃	37	25	12
LET ₁₈	58	4	54	LET ₃	26	6	20
LET ₁₈	62	11	51	LET ₃	23	5	18
LET ₁₇	62	6	56	LET ₂	46	5	41
LET ₁₆	51	5	46	LET ₁	41	14	27
LET ₁₆	56	9	47	LET ₁	12	6	6
LET ₁₅	58	6	52	LET ₀	6	6	0

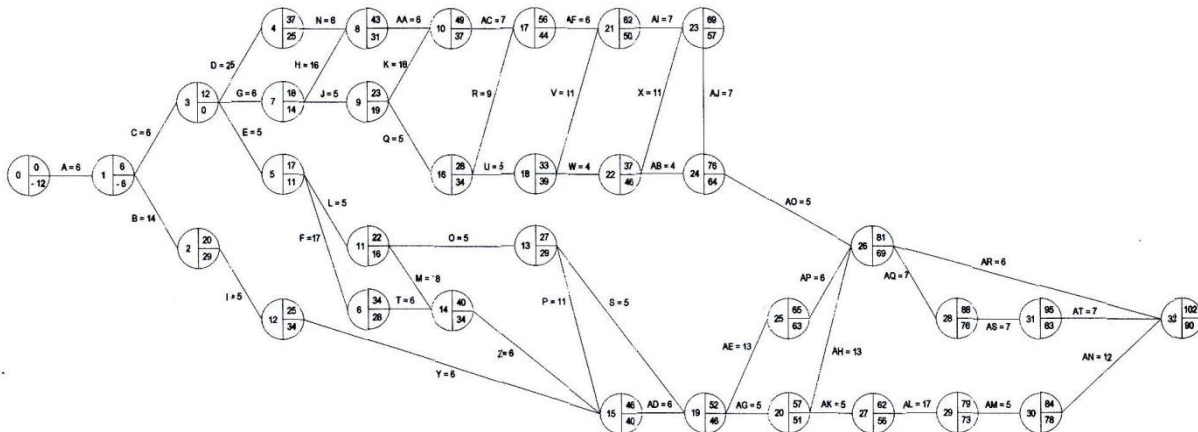
Penentuan lintasan kritis pada *network planning* awal yang telah dibuat sebelumnya merupakan prosedur pertama kali yang harus dilakukan sebelum melakukan penerapan aplikasi untuk mempercepat umur proyek. Lintasan kritis tersebut dapat dilihat dengan cara melihat kegiatan yang memiliki nilai EET dan

LET yang sama. Berdasarkan hasil perhitungan EET dan LET tersebut didapatkan jalur kritis melalui kegiatan-kegiatan A-C-D-N-AA-AC-AF-AI-AJ-AO-AQ-AS-AT

Setelah didapatkan jalur kritis pada *network planning* yang telah dibuat sebelumnya, selanjutnya adalah dilakukan

percepatan penjadwalan yang total durasi pembangunan LCU selama 102 hari dipercepat menjadi 90 hari sesuai dengan kesepakatan. Kemudian dilakukan perhitungan EET dan LET kembali dari setiap kegiatan untuk percepatan

panjadwalan selama 12 hari, sehingga total durasi pembangunan menjadi 90 hari. Perhitungan EET dan LET ini merupakan prosedur untuk melakukan percepatan durasi.



Gambar 2. Netwrok Planning Percepatan 12 hari

Pada jalur lintasan kritis, hanya kegiatan yang berada di jalur kritis yang dirubah durasinya. Hal ini dikarenakan hanya kegiatan yang berada di jalur kritis yang memiliki pengaruh terhadap percepatan total durasi dari suatu pembangunan.

Untuk perhitungan durasi baru, dilakukan dengan cara mempercepat total durasi keseluruhan pembangunan dari 102 hari menjadi 90 hari. Berikut ini disajikan pada Tabel 4.4 hasil perhitungan LET dan EET untuk percepatan menjadi 90 hari.

Tabel 4. Nilai LET dan EET Tiap Kegiatan

Nama	Kegiatan	LET	EET	Nama	Kegiatan	LET	EET
A	Fabrication DB1	-6	0	X	Assembly FBW	57	37
B	Assembly DB1	29	6	Y	Erection ER	40	25
C	Fabrication DB2 + Fabrication ER	0	6	Z	Erection EUD	40	40
D	Assembly DB2 + Assembly ER	25	12	AA	Erection DB3 + Erection UD2	37	43
E	Fabrication UD1	11	12	AB	Fabrication ABW	64	37
F	Assembly UD1	28	17	AC	Erection UD3	44	49
G	Fabrication DB3 + Fabrication UD2	14	12	AD	Erection AP	46	46
H	Assembly DB3 + Assembly UD2	31	18	AE	Assembly PD	63	52
I	Erection DB1	34	20	AF	Erection FUD+FP	50	56
J	Fabrication UD3	19	18	AG	Fabrication BRD	51	52
K	Assembly UD3	37	23	AH	Assembly BRD	69	57
L	Fabrication EUD	16	17	AI	Erection FC	57	62
M	Assembly EUD	34	22	AJ	Erection FWB	64	69
N	Erection DB2	31	37	AK	Fabrication TD	56	57
O	Fabrication AP	29	22	AL	Assembly TD	73	62
P	Assembly AP	40	27	AM	Fabrication FN	78	79
Q	Fabrication FUD+FP	34	23	AN	Assembly FN	90	84
R	Assembly FUD+FP	44	28	AO	Assembly ABW	69	76
S	Fabrication PD	46	27	AP	Erection PD	69	65
T	Erection UD1	34	34	AQ	Erection ABW	76	81
U	Fabrication FC	39	28	AR	Erection BRD	90	81
V	Assembly FC	50	33	AS	Erection TD	83	88
W	Fabrication FBW	46	33	AT	Erection FN	90	95

Nilai LET dan EET yang terlihat pada Tabel 4 didapatkan setelah melakukan percepatan penjadwalan pembangunan menjadi 90 hari. Karena adanya percepatan tersebut, maka LET dan EET yang sebelumnya ada pada jaringan kerja awal dihitung kembali untuk percepatan menjadi 90 hari. Sehingga nilai LET dan EET yang baru mengacu pada jaringan kerja yang telah mengalami percepatan selama 12 hari.

Percepatan pembangunan menjadi total 90 hari dilakukan dengan

menggunakan durasi baru yang diperoleh melalui beberapa perhitungan, yakni perhitungan mengenai durasi baru dan perhitungan mengenai total *float*.

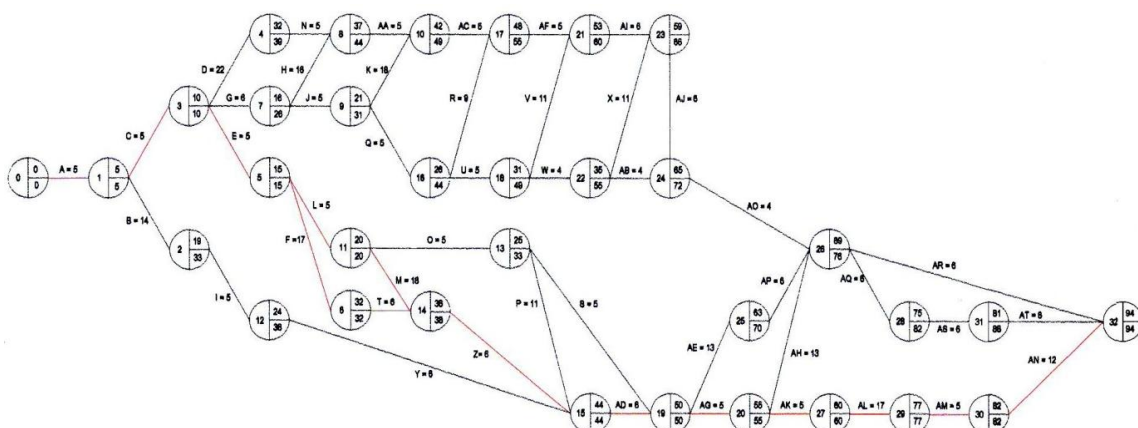
Dari perhitungan Total *Float* (TF) didapatkan nilai TF bernilai negatif yang paling kecil adalah nilai -12. Hal ini menunjukkan bahwa apabila dilakukan percepatan penjadwalan pembangunan sesuai dengan durasi yang diharapkan, maka harus dilakukan percepatan umur proyek proyek selama 12 hari.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Durasi Baru

Nama	LET	Durasi (Hari)	EET	Total <i>Float</i>	Durasi Baru (Hari)
A	-6	6	0	-12	5
C	0	6	6	-12	5
D	25	25	12	-12	22
N	31	6	37	-12	5
AA	37	6	43	-12	5
AC	44	7	49	-12	6
AF	50	6	56	-12	5
AI	57	7	62	-12	6
AJ	64	7	69	-12	6
AO	69	5	76	-12	4
AQ	76	7	81	-12	6
AS	83	7	88	-12	6
AT	90	7	95	-12	6

Berdasarkan perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 5 diperoleh durasi baru untuk setiap kegiatan. Langkah selanjutnya adalah menerapkan durasi baru tersebut ke dalam *network planning* yang baru seperti yang terlihat pada Gambar 3 dengan total keseluruhan proyek selama 94 hari. Kemudian untuk menganalisa kembali *network planning* tersebut.

Dengan adanya perhitungan total *float* (TF), maka durasi yang baru menjadi total keseluruhan selama 94 hari. Dikarenakan adanya total keseluruhan durasi setelah percepatan menjadi 94 hari, maka dilakukan negosiasi terhadap pihak *owner* mengenai percepatan durasi yang awalnya 102 hari berdasarkan tingkat keyakinan menggunakan simulasi monte carlo.



Gambar 3. Network Planning Durasi Baru

Berdasarkan *network diagram* pada Gambar 4.10, dapat diketahui lintasan kritis pada jaringan kerja adalah sebagai berikut:

- Lintasan 1
= A-C-D-N-AA-AC-AF-AI-AJ-AO-AQ-AS-AT
= 102 hari
- Lintasan 2
= A-C-E-F-T-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN
= 5 + 5 + 5 + 17 + 6 + 6 + 6 + 5 + 5 + 17 + 5 + 12
= 94 hari
- Lintasan 3
= A-C-E-L-M-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN
= 5 + 5 + 5 + 5 + 18 + 6 + 6 + 5 + 5 + 17 + 5 + 12
= 94 hari

Maka dapat diambil kesimpulan bahwa, percepatan durasi untuk pembangunan *Landing Craft Utility* adalah yang semula durasi awal sebelum percepatan selama 102 hari harus dimampatkan menjadi target 90 hari dengan percepatan, sehingga percepatan durasi untuk pembangunan tersebut adalah harusnya selama 12 hari. Namun pada kenyataannya, setelah dilakukan analisa percepatan, total keseluruhan durasi tersebut menjadi 94 hari. Meskipun, hal ini belum memenuhi target untuk percepatan

durasi menjadi total keseluruhan pembangunan menjadi 90 hari. Maka dari itu, perlu dilakukan analisa percepatan berdasarkan tingkat keyakinan menggunakan *Monte Carlo Simulation*.

Sebagai contoh, durasi keseluruhan kegiatan proyek pembangunan LCU akan terlihat sebagai berikut: = $RAND() * (387 - 375) + 375$, formula ini akan menghasilkan angka random yang nilainya terletak antara 375 dan 387. Jika durasi setiap kegiatan disimulasikan dengan formula tersebut, maka durasi total dari proyek adalah jumlah dari durasi semua kegiatan.

Berdasarkan Tabel 6 terlihat bahwa durasi keseluruhan kegiatan proyek pembangunan LCU 300 DWT adalah sebesar 387 hari dan dengan adanya percepatan durasi, maka durasi baru menjadi 375 hari, dimana total selisih dari durasi awal dan durasi baru adalah selama 12 hari, maka harus dilakukan percepatan selama 12 hari. Pada perhitungan sebelumnya telah dilakukan analisa percepatan yang awalnya selama 102 hari menjadi 94 hari, untuk menganalisa durasi pengerjaan ini, selanjutnya dilakukan beberapa kali iterasi untuk menentukan tingkat keyakinan pengerjaan proyek untuk durasi total pengerjaan pembangunan tersebut. Fungsi *RAND* yang ada pada *Ms Excel* untuk menghasilkan angka random.

Tabel 6. Hasil Iterasi Pembangunan LCU 300 DWT

Nama	t awal (hari)	t baru (hari)	Iterasi 1	Iterasi 2	Iterasi 3	Iterasi 4	Iterasi 5	Rata-rata	t (1)
A	6	5.29412	5.429038	5.303691	5.312177	5.305017	5.311724	5.332329	5
B	14	14	14	14	14	14	14	14	14
C	6	5.29412	5.459991	5.451193	5.452173	5.451374	5.452139	5.453374	5
D	25	22.05882	23.3099	22.14314	23.21787	23.01187	23.21294	22.97915	23
E	5	5	5	5	5	5	5	5	5
F	17	17	17	17	17	17	17	17	17
G	6	6	6	6	6	6	6	6	6
H	16	16	16	16	16	16	16	16	16
I	5	5	5	5	5	5	5	5	5
J	5	5	5	5	5	5	5	5	5
K	18	18	18	18	18	18	18	18	18
L	5	5	5	5	5	5	5	5	5
M	18	18	18	18	18	18	18	18	18
N	6	5.29412	5.496054	5.332016	5.491691	5.364866	5.395659	5.416057	5
O	5	5	5	5	5	5	5	5	5
P	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Q	5	5	5	5	5	5	5	5	5
R	9	9	9	9	9	9	9	9	9
S	5	5	5	5	5	5	5	5	5
T	6	6	6	6	6	6	6	6	6
U	5	5	5	5	5	5	5	5	5
V	11	11	11	11	11	11	11	11	11
W	4	4	4	4	4	4	4	4	4
X	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Y	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Z	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AA	6	5.29412	5.973191	5.607562	5.622344	5.613076	5.618397	5.686914	6
AB	4	4	4	4	4	4	4	4	4
AC	7	6.17647	6.877348	6.184855	6.292377	6.210345	6.267413	6.366468	6
AD	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AE	13	13	13	13	13	13	13	13	13
AF	6	5.29412	5.475191	5.324037	5.465929	5.382753	5.452601	5.420106	5
AG	5	5	5	5	5	5	5	5	5
AH	13	13	13	13	13	13	13	13	13
AI	7	6.17647	6.349359	6.231177	6.314445	6.298877	6.299278	6.298627	6
AJ	7	6.17647	6.254213	6.252735	6.25328	6.253053	6.253189	6.253294	6
AK	5	5	5	5	5	5	5	5	5
AL	17	17	17	17	17	17	17	17	17
AM	5	5	5	5	5	5	5	5	5
AN	12	12	12	12	12	12	12	12	12
AO	5	4.41176	4.448262	4.414955	4.416462	4.416028	4.416229	4.422387	4
AP	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AQ	7	6.17647	6.837315	6.810519	6.831106	6.824557	6.828168	6.826333	7
AR	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AS	7	6.17647	6.952292	6.799134	6.910736	6.858142	6.870973	6.878255	7
AT	7	6.17647	6.893028	6.564043	6.715653	6.593866	6.616835	6.676685	7
Jumlah	387	375	382.7628	386.2541	383.6873	382.8957	386.8411	383.132	377

Tujuan dari percepatan ini adalah mempersepat durasi pembangunan dari

102 hari menjadi 90 hari. Berdasarkan Gambar 4.11 di atas menunjukkan bahwa

lintasan kritis dengan total durasi pengerjaan sebelum percepatan dan setelah percepatan adalah 387 dan $375 = 12$ hari. Dengan total durasi lintasan kritis sebesar sebagai berikut:

- Sebelum percepatan

$$= 6 + 6 + 25 + 6 + 6 + 7 + 6 + 7 + 7 + 5 + 7 + 7 + 7$$

$$= 102 \text{ hari}$$
- Durasi percepatan 12 hari lintasan kritis

$$= 5,29412 + 5,29412 + 22,05882 + 5,29412 + 5,29412 + 6,17647 + 5,29412 + 6,17647 + 6,17647 + 4,41176 + 6,17647 + 6,17647 + 6,17647$$

$$= (5 \times 2,9412) + (6 \times 6,17647) + 22,05882 + 4,41176$$

$$= (26,4706) + (37,05882) + 26,47058$$

$$= 90 \text{ hari}$$
- Durasi percepatan menjadi 90 hari
 - Lintasan kritis 1

$$= A-C-E-F-T-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN$$

$$= 5 + 5 + 5 + 17 + 6 + 6 + 6 + 5 + 5 + 17 + 5 + 12$$

$$= 94 \text{ hari}$$
 - Lintasan kritis 2

$$= A-C-E-L-M-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN$$

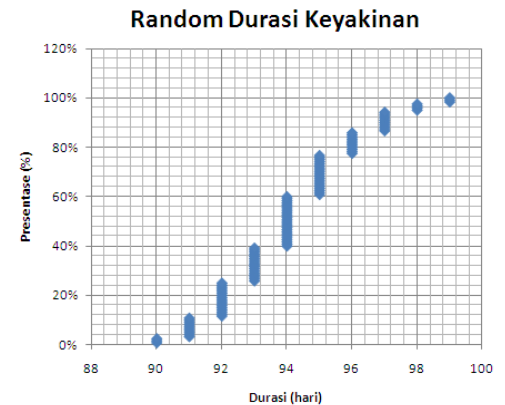
$$= 5 + 5 + 5 + 5 + 18 + 6 + 6 + 5 + 5 + 17 + 5 + 12$$

$$= 94 \text{ hari}$$

Maka dari hasil tersebut di atas, durasi yang diinginkan sudah sesuai dengan yang diharapkan untuk total pengerjaan selama 90 hari untuk jalur lintasan kritis percepatan 12 hari. Ketika dilakukan percepatan lagi, maka lintasan kritis yang awalnya berada di atas, menjadi di bawah dengan total 2 lintasan kritis selama 94 hari. Dan untuk menganalisa kejadian durasi yang *random* atau acak, maka pada tulisan ini selanjutnya dilakukan *Monte Carlo Simulation* untuk mendapatkan durasi tingkat keyakinan ketika berhadapan dengan pihak *owner*. Berapa persen keyakinan yang bisa

ditampilkan untuk menyelesaikan proyek pengerjaan pembangunan tersebut hingga selesai.

Berdasarkan Tabel 6 dengan hasil simulasi monte carlo dengan random acak, didapatkan sebaran data sebanyak 120 data. Didapatkan durasi nilai terkecil selama 90 hari dan durasi nilai terbesar selama 99 hari



Gambar 4. Grafik Tingkat Keyakinan Penyelesaian Proyek

Dari hasil grafik tersebut di atas seperti yang terlihat pada Gambar 4, dapat disimpulkan bahwa penyelesaian pekerjaan selama 94 hari adalah yang paling banyak durasi keyakinannya, namun ketika proyek tersebut dipercepat menjadi 94 hari, keyakinan penyelesaian proyek tersebut adalah sebesar 40% hingga 60%.

Jika proyek LCU ingin dipercepat 90 hari, durasi awal dari 102 hari, dengan pecepatan selama 12 hari, maka keyakinannya hanya sekitar 3%. Sebaliknya jika ingin mendapatkan keyakinan penuh sebesar 100%, maka proyek tersebut harus dipercepat selama 99 hari. Hal ini menunjukkan bahwa untuk mendapatkan keyakinan 100%, hanya dipercepat selama 3 hari dari total keseluruhan durasi selama 102 hari.

Waktu penyelesaian pembangunan akan berpengaruh terhadap biaya produksi, khususnya biaya tenaga kerja. Maka untuk selanjutnya dilakukan perhitungan biaya tenaga kerja yang terlibat dalam pembangunan kapal LCU, baik sebelum dilakukan pemampatan maupun setelah pemampatan.

Tabel 7. Kebutuhan Jam Orang Pembangunan LCU

Nama	Kegiatan	Kebutuhan Jam Orang (J.O)	Nama	Kegiatan	Kebutuhan Jam Orang (J.O)
A	Fabrication DB1	465	X	Assembly FBW	411
B	Assembly DB1	838	Y	Erection ER	780
C	Fabrication DB2 + Fabrication ER	877	Z	Erection EUD	437
D	Assembly DB2 + Assembly ER	1578	AA	Erection DB3 + Erection UD2	1234
E	Fabrication UD1	284	AB	Fabrication ABW	226
F	Assembly UD1	510	AC	Erection UD3	510
G	Fabrication DB3 + Fabrication UD2	686	AD	Erection AP	385
H	Assembly DB3 + Assembly UD2	1234	AE	Assembly PD	165
I	Erection DB1	838	AF	Erection FUD+FP	950
J	Fabrication UD3	251	AG	Fabrication BRD	87
K	Assembly UD3	452	AH	Assembly BRD	157
L	Fabrication EUD	243	AI	Erection FC	988
M	Assembly EUD	437	AJ	Erection FWB	411
N	Erection DB2	799	AK	Fabrication TD	52
O	Fabrication AP	214	AL	Assembly TD	94
P	Assembly AP	385	AM	Fabrication FN	62
Q	Fabrication FUD+FP	528	AN	Assembly FN	111
R	Assembly FUD+FP	950	AO	Assembly ABW	226
S	Fabrication PD	92	AP	Erection PD	165
T	Erection UD1	510	AQ	Erection ABW	407
U	Fabrication FC	549	AR	Erection BRD	157
V	Assembly FC	988	AS	Erection TD	94
W	Fabrication FBW	228	AT	Erection FN	111
				Jumlah	22156

Perhitungan besarnya tarif jam orang bagi tenaga kerja tetap yang diterapkan di galangan berdasarkan data perusahaan adalah sebagai berikut:

- Gaji pokok rata-rata per bulan
= Rp 2.400.000,-
- Hari kerja rata-rata perbulan
= 24 hari
- Jam kerja perhari
= 8 jam
- Besarnya tarif jam per orang
= Rp 2.400.000 / (24x8)

= Rp 12.500,-
- Total kebutuhan jam orang
= 22156

Dengan demikian besarnya biaya tenaga kerja langsung dalam pembangunan *Landing Craft Utility* 300 DWT sebelum pemampatan adalah = 22156 x Rp 12.500,-
= Rp 276.950.000,-

Melihat *network diagram* awal dan akhir terlihat bahwa tidak semua kegiatan mengalami percepatan. Percepatan durasi hanya terjadi pada beberapa kegiatan saja. Untuk mengetahui kebutuhan jam orang setelah dilakukan percepatan dapat dilihat pada Tabel 8. Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk mengetahui penambahan biaya yang harus dikeluarkan untuk percepatan pembangunan tersebut.

Tabel 8. Kebutuhan Jam Orang Lembur dan Biaya Kerja Lembur

Nama	Kegiatan	Jam Orang Lembur (J.O)	Biaya	
			J.O Lemburx1,5xtarif/J.O	
A	Fabrication DB1	80	Rp	1,500,000.00
C	Fabrication DB2 + Fabrication ER	144	Rp	2,700,000.00
D	Assembly DB2 + Assembly ER	192	Rp	3,600,000.00
N	Erection DB2	160	Rp	3,000,000.00
AA	Erection DB3 + Erection UD2	208	Rp	3,900,000.00
AC	Erection UD3	72	Rp	1,350,000.00
AF	Erection FUD+FP	192	Rp	3,600,000.00
AI	Erection FC	144	Rp	2,700,000.00
AJ	Erection FWB	72	Rp	1,350,000.00
AO	Assembly ABW	104	Rp	1,950,000.00
AQ	Erection ABW	56	Rp	1,050,000.00
AS	Erection TD	16	Rp	300,000.00
AT	Erection FN	16	Rp	300,000.00
	Jumlah	1456	Rp	27,300,000.00

- Jumlah jam yang dikerjakan lembur = 1456
- Jumlah biaya yang dikerjakan lembur = Rp 27.300.000,-
- Jumlah jam yang dikerjakan tanpa lembur = 22156 – 1456 = 20700
- Jumlah biaya yang dikerjakan tanpa lembur = Rp 276.950.000,-

Dengan demikian besarnya biaya tenaga kerja lembur dalam pembangunan *Landing Craft Utility* setelah dilakukan pemampatan adalah = biaya lembur + biaya normal (tanpa lembur) = Rp 27.300.000 + Rp 276.950.000,- = Rp 304.250.000,-

Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa dengan adanya percepatan waktu penjadwalan pembangunan *Landing Craft Utility* (LCU) mengalami penambahan biaya tenaga kerja sebesar = biaya setelah pemampatan – biaya sebelum pemampatan = Rp 304.250.000 - Rp 276.950.000 = Rp 27.300.000,-

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil analisis terhadap *network planning* diagram menunjukkan bahwa aktivitas yang termasuk dalam lintasan kritis adalah sebagai berikut:

Lintasan 1
 = A-C-D-N-AA-AC-AF-AI-AJ-AO-AQ-AS-AT
 = 90 hari

Lintasan 2
 = A-C-E-F-T-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN

= 94 hari

Lintasan 3

= A-C-E-L-M-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN

= 94 hari

2. Total durasi sebelum dan setelah percepatan selama 12 hari pada pengerjaan pembangunan *Landing Craft Utility* (LCU) dijabarkan sebagai berikut:

Total durasi keseluruhan tiap kegiatan pekerjaan kapal LCU = 387 hari

Total durasi keseluruhan kapal tiap kegiatan setelah dipercepat = 375 hari

Total durasi lintasan kritis untuk total pekerjaan *Hull Construction* = 102 hari

Total durasi lintasan kritis *Hull Construction* setelah dipercepat = 90 hari

3. Dengan menggunakan fungsi RAND. Angka acak (*random number*) dalam Simulasi Monte Carlo didapatkan hasil dari durasi keseluruhan adalah sebagai berikut:

- ❖ Dalam random acak MCS durasi terkecil selama 90 hari dan durasi terlama selama 99 hari. Dan random paling banyak menunjukkan durasi selama 94 hari pengerjaan.

- ❖ Untuk keseluruhan total pengerjaan pembangunan *Landing Craft Utility* pada bagian *Hull*

Construction, percepatan menjadi 99 hari tingkat keyakinannya sebesar 100%, 94 hari tingkat keyakinannya hingga sebesar 60%, dan untuk percepatan menjadi 90 hari tingkat keyakinannya hanya sebesar 3%.

4. Berdasarkan hasil durasi percepatan tersebut, dapat pula dianalisa mengenai pengaruh percepatan waktu terhadap tenaga kerja dan biaya. Berikut ini biaya yang harus ditambah dengan adanya percepatan durasi diantaranya adalah sebagai berikut:

- Biaya tenaga kerja sebelum percepatan = Rp 276.950.000,-
- Biaya tenaga kerja setelah percepatan = Rp 304.250.000,-
- Biaya penambahan = Rp 27.300.000,-

Biaya penambahan sebesar Rp 27.300.000,- ini adalah sekitar 9,8% dari keseluruhan biaya total pengerjaan.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, diharapkan bagi perusahaan untuk menerapkan CPM dalam proses pembangunan kapal. Sebab hasil analisis menunjukkan bahwa dengan menggunakan CPM mampu memberikan solusi bagi galangan untuk mempercepat pembangunan kapal.
2. Aktivitas yang berada di jalur lintasan kritis perlu diberikan perhatian khusus. Apabila terjadi keterlambatan pada aktivitas yang termasuk dalam lintasan kritis, maka proyek akan

mengalami keterlambatan dalam proses penyelesaian pembangunan kapal.

3. Analisa penerapan Simulasi Monte Carlo sebaiknya dilakukan dengan objek kapal dengan tonnase yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Hanna, M., & Ruwanpura, J. Y., 2007. *Simulation Tool for Manpower Forecast Loading and Resource Leveling*. Paper presented at the Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference.
- Harold, Kerzner. 1995. *Project Management: A System Approach to Planning*.
- Kwak, Y. H., & Ingall, L. ,2007. Exploring Monte Carlo Simulation Applications For Project Management. *Risk Management*, 9, 44-57.
- McCabe, B. ,2003. *Monte Carlo Simulation For Schedule Risks*. Paper presented at the Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference.
- P. Siagian., 1987. *Penelitian Operasional Teori dan Praktek.*, Penerbit Universitas Indonesia Jakarta.
- Project Management Institute. 2004. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK Guide* (3rd ed.). Newton Square, Pennsylvania: Project Management Institute.
- Sujitno, Anjhar. 1996. *Galangan kapal*, Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.