

**OPTIMASI PENJADWALAN PEMASANGAN INSTALASI LISTRIK DAN NAVKOM PADA
PEMBUATAN KAPAL CEPAT RUDAL-60 DENGAN METODE CPM**
(Studi Kasus PT. PAL Indonesia (Persero))

Richard Martin, Sapto J.P, Bambang Suharjo

Program Studi Analisa Sistem dan Riset Operasi,
Direktorat Pascasarjana Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut

ABSTRAK

PT. PAL Indonesia (Persero) merupakan perusahaan perkapalan yang dimiliki oleh Indonesia bergerak dibidang produksi kapal perang dan kapal niaga, memberikan jasa perbaikan dan pemeliharaan kapal serta rekayasa umum dengan spesifikasi tertentu berdasarkan pesanan, tenaga kerja yang dimiliki oleh perusahaan perkapalan tersebut mayoritas putra-putri bangsa Indonesia yang mempunyai kemampuan yang terampil, berorientasi dengan hal tersebut maka Kementerian Pertahanan bekerjasama dalam rangka membangun kapal perang jenis Kapal Cepat Rudal-60 diperuntukkan untuk TNI-AL dalam melengkapi kekuatan alutsista. Penjadwalan proyek suatu bentuk perencanaan proyek yang dibuat dengan tujuan agar proyek selesai tepat *waktu*. *Critical Path Method* (CPM). Sering dalam suatu proyek terjadi keterlambatan dalam penyelesaiannya karena faktor-faktor yang tidak diperhitungkan sebelumnya sehingga perlu membuat alternatif lain dalam pengerjaan proyek agar selesai sesuai dengan rencana. Salah satu alternatif untuk mempercepat penyelesaian proyek adalah dengan mempercepat waktu pelaksanaan proyek dari waktu awal proyek, penambahan jam kerja dengan adanya lembur sehingga membutuhkan biaya lebih besar dari perencanaan sebelumnya agar proyek selesai tepat waktu dan perusahaan tidak kena *pinalty*. Hasil penelitian, perhitungan proyek saat kondisi awal dengan hari kerja normal tanpa menggunakan jam lembur perusahaan menghabiskan biaya sebesar Rp.1.963.108.000 sedangkan setelah melakukan percepatan waktu pekerjaan selama 133 hari dari 683 hari menjadi 550 hari perusahaan mengeluarkan biaya proyek lebih banyak sebesar Rp.2.075.214.406 Diketahui bahwa nilai biaya proyek sebesar Rp.18.957.000.000 dengan ini terlihat bahwa keuntungan untuk kondisi percepatan lebih besar yaitu Rp 828.501.135,00 dibandingkan untuk kondisi awal perusahaan merugi sebesar Rp. - 1,049.487.139,45 dengan kejadian yang merugi perusahaan mengadakan jam kerja lembur agar perusahaan terhindar dari biaya *penalty* sebesar 10% dari harga proyek, dengan demikian apabila tanpa adanya perbaikan maka perusahaan akan mengalami kerugian yang sangat besar. Kata Kunci : Penjadwalan, CPM, Percepatan Proyek, Biaya

1. Pendahuluan

Kebutuhan alutsista bagi TNI AL terutamanya kapal perang untuk mempertahankan kedaulatan sangatlah besar, perlu memiliki angkatan laut yang kuat yang disebutkan dalam *Concept Minimum Essential Force* (MEF) hingga 2024, kebutuhan KCR 60 meter mencapai 16 kapal dan KCR 40 meter 16 kapal. Sehingga total kebutuhan 32 kapal, dalam melengkapi alutsista kekuatan TNI AL selalu dikedepankan kemandirian industri dalam negeri sesuai yang diamanatkan undang-undang nomor 16 tahun 2012 tentang Industri Pertahanan. (Berita Militer Indonesia/news:2014).

Kemandirian memproduksi sistem persenjataan mutlak dibutuhkan negara dalam perkembangan alutsista, bagi suatu negara untuk mengamankan dan mempertahankan kedaulatan dari berbagai ancaman, pemanfaatan produksi dalam negeri tidak kalah kualitasnya dengan produk industri dari luar, dapat desain sendiri dan dibangun seluruhnya oleh putra-putri bangsa dalam pemenuhan memoderinisasi sistem persenjataan yang ada khusus pada industri perkapalan

Perkembangan industri perkapalan pada era sekarang sangat meningkat dan berkembang mengikuti perkembangan yang ada. Terlebih lagi dalam perusahaan manufaktur. Setiap perusahaan yang ada selalu melakukan perbaikan – perbaikan untuk proses produksi agar terus berjalan dengan lancar. Perusahaan berusaha untuk memenuhi permintaan konsumen agar tidak kehilangan konsumen. Peningkatan terus dilakukan dengan baik pada produksi hingga pelayanan lainnya. Peningkatan dan penjadwalan produksi yang baik dalam setiap kali produksi.

Proses produksi yang efektif dan efisien adalah sesuatu yang ingin dicapai setiap perusahaan manufaktur saat ini. Biaya, mutu dan waktu menjadi hal yang sangat berpengaruh dalam sebuah produksi. Pada manajemen proyek, sebelum proyek dikerjakan perlu adanya tahap-tahap pengelolaan proyek yang meliputi tahap perencanaan, tahap penjadwalan, dan tahap pengkoordinasian. Dari ketiga tahapan ini, tahap perencanaan dan penjadwalan adalah tahap yang paling menentukan berhasil/tidaknya suatu proyek, karena penjadwalan adalah tahap ketergantungan antar aktivitas yang membangun proyek secara keseluruhan. Penjadwalan sendiri harus disusun secara sistematis dengan penggunaan sumber daya secara efektif dan efisien agar tujuan proyek bisa tercapai secara optimal. Pemecahan masalah penjadwalan yang baik dari suatu proyek merupakan salah satu faktor keberhasilan dalam pelaksanaan proyek untuk selesai tepat pada waktunya yang merupakan tujuan pokok, baik bagi kontraktor maupun pemiliknya. Riza Arifudin (2012).

Tahap perencanaan proyek kendala yang sering dihadapi adalah pada saat menentukan waktu penyelesaian aktivitas suatu proyek. Proyek disini sering mengalami kelebihan waktu (keterlambatan) dan biaya yang diinginkan oleh *owner* (pemilik) tidak sesuai kontrak yang sudah ditandatangani, seharusnya suatu proyek harus diselesaikan dengan kontrak yang telah disepakati antara pemilik dengan pelaksana. Upaya-upaya yang harus dilakukan adalah dengan mempercepat penyelesaian aktivitas-aktivitas tertentu dengan menggunakan manajemen proyek, masalah yang timbul pada saat pelaksanaan proyek dapat diatasi dengan adanya manajemen proyek tersebut. Upaya yang harus ditempuh adalah mempercepat penyelesaian aktivitas-aktivitas tertentu dengan salah satu alat atau *tools* yang bisa digunakan yaitu *Project Crashing Problem*. Imam Soeharto (1999:294) keterlambatan penyelesaian aktivitas sebelum waktu pelaksanaan proyek secara keseluruhan selesai. Pada *Project Crashing Problem* atau yang disebut analisa waktu dan biaya yang berkenaan dengan *trade-off* antara mempersingkat waktu penyelesaian aktivitas dengan konsekuensinya, akan terjadi kenaikan biaya langsung dan penurunan biaya tidak langsung namun tidak mengorbankan kualitas.

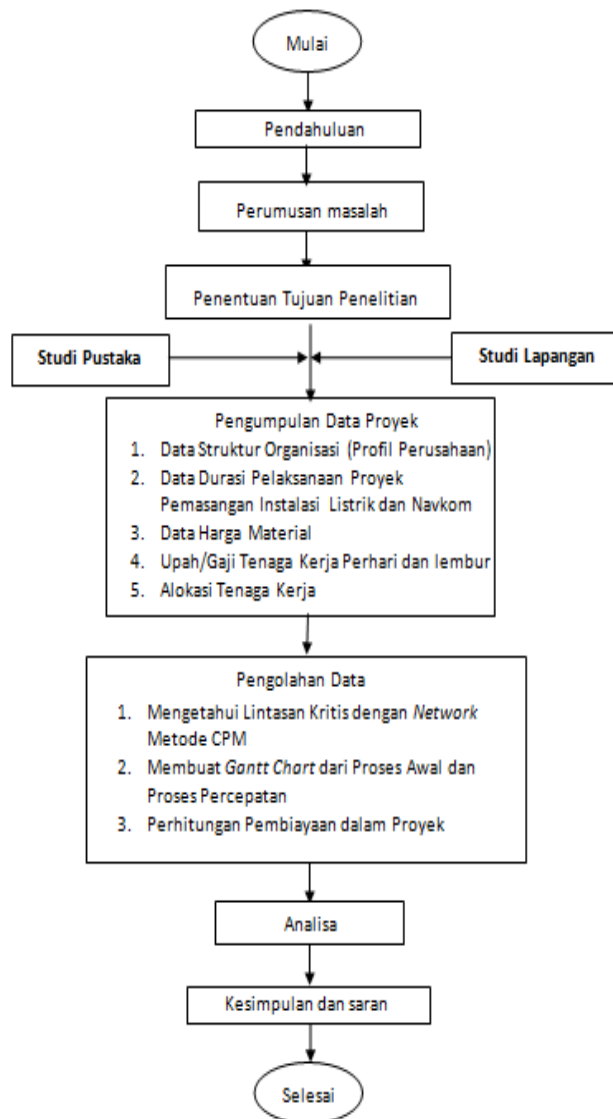
Kementerian Pertahanan telah bekerjasama dengan PT PAL Indonesia (Persero), karena pemanfaatan produksi dalam negeri tidak kalah kualitasnya dengan produk industri dari luar dengan menggunakan material dalam negeri. Kerjasama itu dalam rangka membangun kapal perang jenis Kapal Cepat Rudal-60 meter. (Viva.co.id/news:2014)

2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian menguraikan langkah-langkah yang terencana dan sistematis yang dilaksanakan agar proses pengerjaan penelitian dapat terstruktur dan dapat mencapai tujuan yang ditetapkan sebelumnya dengan baik. Dalam penelitian ini kegiatan dibagi dalam beberapa tahap yaitu tahap identifikasi masalah, tahap pengumpulan dan pengolahan data, tahap analisa dan pembahasan serta tahap kesimpulan dan saran. Tahapan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

2.1 Identifikasi Masalah

Menentukan permasalahan yang akan dibahas yaitu penyusunan jadwal waktu yang merupakan salah satu masalah yang akan mempengaruhi kinerja pelaksanaan proyek pemasangan Instalasi Listrik dan Navkom pada pembuatan Kapal Cepat Rudal-60 dimana pelaksanaan proyek ini dilaksanakan oleh PT PAL Indonesia (Persero) . Latar belakang menjadi dasar dalam perumusan masalah agar penelitian ini dapat menjadi lebih fokus dan terarah sehingga pemecahan masalah dapat dilakukan lebih baik.

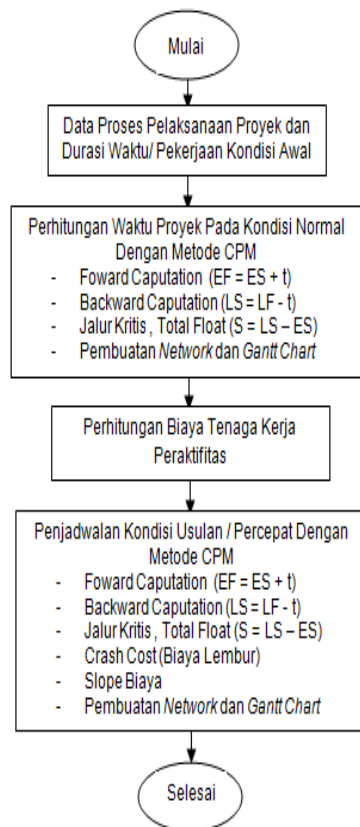


2.2 Pengumpulan Data

Pada tahapan berikut ini memasukkan data proyek pemasangan Instalasi Listrik dan Navkom pada kapal. Data-data proyek yang akan diperoleh tersebut meliputi struktur organisasi perusahaan tersebut, data waktu proses pelaksanaan proyek, jumlah karyawan yang terlibat serta pembiayaan, penggunaan material dan biaya serta sumber daya lain yang dibutuhkan.

2.3 Pengolahan Data

Hasil pengumpulan data, diolah berdasarkan dengan metode yang digunakan, dalam penelitian ini metode yang digunakan metode *Critical Path Methode (CPM)* serta perhitungan biaya proyek yang akan dikeluarkan baik kondisi awal dan percepatan sehingga menghasilkan keuntungan yang diperoleh, berikut dapat dilihat pada gambar 3.2 *Flow Chart* Pengolahan Data Metode CPM langkah-langkah dalam pengolahan data.



Gambar 3.2 Flow Chart Pengolahan Data Metode CPM

2.4 Tahap Analisa data

Berikut tahap analisa data, dengan melakukan beberapa analisis terhadap hasil penelitian yang diperoleh dan memberikan pembahasan sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan maka didapat beberapa data dari hasil analisis diantaranya adalah:

- a. Analisis jalur kritis yang terjadi pada proyek
- b. Analisis penambahan biaya saat waktu proses dipercepat.
- c. Analisis pada keuntungan perusahaan.

2.5 Tahap Penarikan kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini merupakan tahap akhir dimana dilakukan penarikan kesimpulan dan saran. Kesimpulan akan menjawab tujuan penelitian yang telah dirumuskan diawal berdasarkan hasil penelitiannya ini. Sedangkan saran akan memberikan masukan untuk penelitian.

3. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada bagian ini akan disampaikan mengenai pengumpulan data yang kemudian hasilnya akan diolah untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

3.1 Deskripsi dan Durasi Pekerjaan

Perencanaan adalah penentuan syarat terhadap sumber-sumber proyek urutan penggunaan dalam berbagai operasi yang harus dilakukan untuk mencapai sasaran yang diinginkan. Namun perencanaan tidak lengkap bila disertai faktor waktu tapi waktu hendaknya fleksibel terhadap pertimbangan *financial*, sosial dan faktor lain dalam perencanaan. Sedangkan hubungan keterkaitan antara kegiatan dan durasi, tiap kegiatan dapat dilihat pada tabel-tabel dibawah ini:

Tabel 3.1 Uraian kegiatan, Aktivitas Pendahulu, Durasi Kegiatan

No	Jenis Kegiatan	Aktivitas Pendahulu	Aktivitas	Waktu (hari)
PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Drawing/Design	0	A	160 hari
2	Material Input	A	B	120 hari
3	Inspeksi Material	B	C	80 hari
FABRICATION				
4	Coming	D	E,F,G	91 hari
5	Main Cable Way	E	H	6 hari
6	Sub Cable Way	F	L	4 hari
7	Seat Panel	G	P	10 hari
INSTALL				
Main Cable Way				
8	a.1 Gladak Utama	H	I,L,P	22 hari
9	a.2 Gladak I	I	J,M,Q	38 hari
10	a.3 Gladak II	J	K,N,R	37 hari
11	a.4 Gladak II	K	S	15 hari
Sub Cable Way				
12	b.1 Gladak Utama	L	M	13 hari
13	b.2 Gladak I	M	N	8 hari
14	b.3 Gladak II	N	O	10 hari
15	b.4 Gladak III	O	P	15 hari
16	Seat Panel	P	Q	10 hari
CABLING				
17	Cutting Cable	Q	R	15 hari
18	Wiring Cabel	R	S	18 hari
19	Perapian Cabel	S	T	32 hari
20	Connecting Cabel	T	U,V,W	165 hari
21	Cek Line Cable	W	X	24 hari
22	Merger Test	X	Y	14 hari
23	Compound	Y	Z	39 hari
24	Test Funtction	Z	Z1	13 hari
Total Jumlah				683 hari

3.2 Biaya Proyek

Perkiraan biaya proyek memegang peranan yang penting dalam penyelenggaraan suatu proyek dengan penyelenggaraan kegiatan proyek mulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian akan dihitung dalam nilai uang. Maka pengalaman dan ketelitian akan sangat penting dalam perhitungan penyusunan perkiraan biaya proyek (Soeharto, 1997). Ada beberapa jenis biaya yang berhubungan dengan pembiayaan suatu proyek konstruksi yaitu jenis biaya langsung (*Direct Cost*) dan biaya tak langsung (*Indirect Cost*).

3.3 Biaya Langsung (DirectCost)

Biaya langsung adalah semua biaya yang langsung berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan konstruksi dilapangan. Biaya langsung dapat diperoleh dengan mengalikan volume/kuantitas suatu pekerjaan dengan harga satuan (*unit cost*) pekerjaan tersebut. Harga satuan pekerjaan tersebut terdiri atas harga bahan, upah buruh, dan biaya peralatan. Pada Tabel 4.2 daftar harga material/komponen yang digunakan oleh perusahaan untuk melaksanakan pekerjaan perakitan dan pemasangan Instalasi Listrik dan Navkom pada Kapal Cepat Rudal-60.

Tabel 3.2 Daftar Harga Material pada Instalasi Listrik dan Navkom

No	Material	Harga/Unit (RP)
1	POWER SUPPLY EQUIPMENT	
	Main Switch Board :	662.500.000,00
	- Emergency switch board	Include MSB
	- Batteries	Include MSB
	- Charging and Discharging Panels for Battery	Include MSB
2	- Power Supply Voltage Converter Equipment	Include MSB
	Main Transformator	55.000.000,00
3	- Distribution Panels	Include MSB
	ILLUMINATION AND NAVIGATION LIGHTING EQUIPMENT	
	Fluorencent Lights	150.525.000,00
	- Incandescent Lights	Include above
	- Navigation light and Signal light	Include above
COMMUNICATION, INSTRUMENTATION AND ALARM SYSTEM		
4	Ship Service Monitoring System	105.500.000,00
5	Internal Communication	8.930.712.500,00
	- Telephone Set	Include above
	- SPT System	Include above
	- PA Talk	Include above
NAUTICAL AND RADIO EQUIPMENT		
6	Echo Sounder	3.165.608.129,00
	- Speed Log	Include above
	- ECDIS	Include above
	- GPS Receiver	Include above
	- Radar	Include above
	- EPIRB	Include above
	- Gyro & Magnetic Compass	Include above
	- Weather Facimile	Include above
	- SART	Include above
	- Radio Communication (GMDSS A-3)	Include above

No	Material	Harga/Unit (RP)
7	NAUTICAL AND RADIO EQUIPMENT	3.165.608.129,00
	Echo Sounder	Include above
	- Speed Log	Include above
	- ECDIS	Include above
	- GPS Receiver	
	- Radar	Include above
	- EPIRB	Include above
	- Gyro & Magnetic Compass	Include above
	- Weather Facimile	Include above
	- SART	Include above
	- Radio Communication (GMDSS A-3)	Include above
ELECTRICAL CABLING AND RELATED MATERIAL		
8	Cable for Power	363.784.500,00
	- Cable for Electronic	Include above
	- Cable for Control & Automation	Include above
9	Tactical Communication	1.379.787.500,00
ELECTRICAL Outfitting		
10	Raceway	376.604.980,00
	Cable Hanger	Include above
	Cable Gland	Include above
	Terminal Lug	Include above
	Junction Box	Include above
	Cable Tie	Include above
Total Jumlah		15.190.022.609,00

Sedangkan yang termasuk dalam biaya tenaga kerja langsung adalah tenaga kerja yang langsung berhubungan dengan kegiatan atau langsung bekerja di lapangan. Tabel 4.3 menyajikan daftar upah tenaga kerja perhari untuk jam normal.

Tabel 3.3 Upah/Gaji Tenaga Kerja/Hari

No	Jenis Pekerja	Satuan Kerja	Harga Satuan (Rp)
1	Kepala Bengkel	Hari	360.000,00
2	Group Leader	Hari	274.000,00
3	Teknisi	Hari	274.000,00
4	Tukang	Hari	183.000,00

Upah lembur dihitung tiap hari kerja yang disesuaikan dengan jabatan pekerjaan pada tiap pekerja. Pekerjaan lembur dapat diadakan suatu waktu apabila memang diperlukan, seperti untuk mengejar waktu penyelesaian proyek apabila terjadi kemunduran. Jam lembur dilakukan 2 jam setiap harinya setelah jam bekerja normal. Berikut Tabel 4.4 memberikan biaya upah lembur perhari tiap jabatan pekerja:

Tabel 3.4 Upah Lembur Perhari

No	Jenis Pekerja	Tarif Lembur Per Jam	Lembur Jam Pertama 1.5xTarif	Lembur Jam kedua dst 2xTarif	Lembur Hari libur 2xTarifx6 Jam
1	Kepala Bengkel	28.038,00	42.057,00	56.076,00	336.456,00
2	Group Leader	24.231,00	36.346,00	48.462,00	290.772,00
3	Teknisi	24.231,00	36.346,00	48.462,00	290.772,00
4	Tukang	17.064,00	25.596,00	34.128,00	204.768,00

Dalam sehari ada 8 jam kerja normal, yaitu 08.00–12.00 WIB, jam 13.00–17.00 WIB dan 1 jam istirahat. Apabila diadakan kerja lembur sehari maksimal 3 jam, yaitu mulai jam 17.00–20.00 WIB. Dalam 1 minggu ada 5 hari kerja, hari sabtu dan minggu libur, untuk hitungan pembayaran lembur $1/173 \times \text{Upah Gaji Pokok} = \text{Tarif}$, ini sesuai dengan Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 11, apabila ada karyawan yang masuk dalam hari tersebut maka dinyatakan lembur selama 6 jam dimulai dari jam pertama, kecuali karyawan yang all-in.

3.4 Biaya Tak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tak langsung dapat dinyatakan keterikatannya dalam kegiatan antara lain eksploitasi peralatan dan mesin, pengeluaran supervisor, administrasi lapangan, biaya pengawasan dan lain-lain. (Soeharto ; 1997) biaya yang termasuk biaya tak langsung adalah:

- Biaya yang termasuk dalam *overhead* adalah komponen biaya meliputi pengeluaran operasi perusahaan yang dibebankan pada proyek.
- Biaya tak terduga (*contingencies*). Kontingensi adalah cadangan biaya dari suatu perkiraan biaya atau anggaran untuk dialokasikan pada butir-butir yang belum ditentukan, yang menurut pengalaman dan statistik menunjukkan selalu diperlukan. Makin jauh proyek berjalan, makin banyak masukan data dan informasi, sehingga masalah yang belum menentu pun akan banyak, demikian halnya dengan kontingensi. Pada umumnya biaya ini diperlukan antara 0,5%-5% dari total proyek.

3.4 Alokasi Tenaga Kerja.

Sistem pengalokasian dan jumlah tenaga kerja tiap aktivitas diperoleh dari perencanaan awal jadwal proyek yang dibuat oleh Devisi Kapal Perang, PT. PAL (Persero) Indonesia pada proyek Pemasangan dan perakitan Instalasi Listrik dan Navkom untuk KRI Kapal Cepat Rudal-60 ini. Jadi kebutuhan tenaga kerja yang sudah dialokasikan telah ditetapkan sebelum proyek tersebut dilaksanakan. Alokasi tenaga kerja pada pemasangan dan perakitan Instalasi Listrik dan Navkom untuk KRI Kapal Cepat Rudal-60 proyek selengkapnya disajikan dalam tabel-tabel dibawah ini yang dimulai pada tahap *design*, material input/inspeksi dan pekerjaan penginstalasian.

Tabel 3.5 Alokasi Tenaga Kerja Awal .

No	Jenis Kegiatan	Aktivitas	Durasi (hari)	Kepala Bengkel	Group Leader	Teknisi	Tukang
PEKERJAAN PERSIAPAN							
1	Drawing/Design	A	160				
2	Material Input	B	120				
3	Inspeksi Material	C	80				
FABRICATION							
4	Coming	E,F,G	91				
5	Main Cable Way	H	6				
6	Sub Cable Way	L	4				
7	Seat Panel	P	10				
INSTALL							
Main Cable Way			112				
8	a.1 Gladak Utama	I,L,P	22				
9	a.2 Gladak I	J,M,Q	38				
10	a.3 Gladak II	K,N,R	37				
11	a.4 Gladak III	S	15				
Sub Cable Way			46				
12	b.1 Gladak Utama	M	13				
13	b.2 Gladak I	N	8				
14	b.3 Gladak II	O	10				
15	b.4 Gladak III	P	15				
16	Seat Panel	Q	10				
CABLING							
17	Cutting Cable	R	15				
18	Wiring Cable	S	18				
19	Heat Cabel	T	32				
20	Connecting Cable	U,V,W	165				
21	Cek Line Cable	X	24				
22	Megger Test	Y	14				
23	Compound	Z	39				
24	Test Function	Z1	13				

3.5 Pengolahan Data

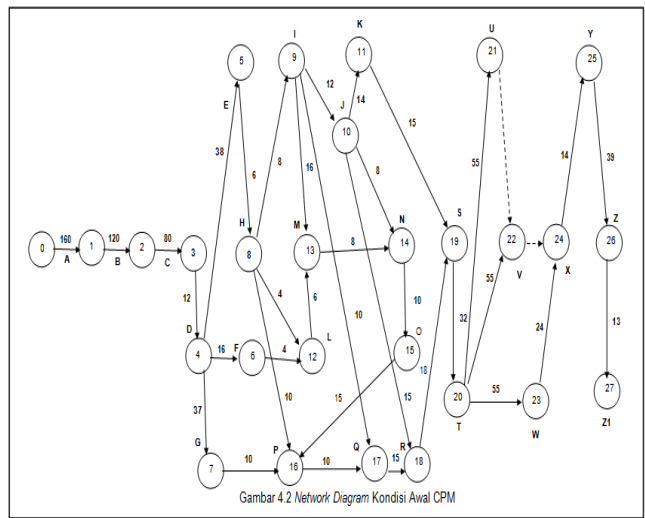
Penelitian ini diasumsikan dalam pengerjaannya, mengerjakan tiga bagian pekerjaan yaitu *design*, material input/inspeksi dan pemasangan jaringan listrik dan navkom pada Kapal Cepat Rudal-60, pemecahan masalah penjadwalan pelaksanaan proyek yang akan dikerjakan terdiri dari dua kondisi yang digunakan yaitu;

- Kondisi awal; Kondisi awal ini dilaksanakan dengan waktu penyelesaian proyek yang dilaksanakan oleh perusahaan sesuai dengan selama hari kalender.
- Kondisi percepatan; Kondisi percepatan merupakan kondisi usulan pelaksanaan proyek alur percepatan menjadi lebih singkat setelah diketahui jika jaringan kritis dari jaringan kerja awal yang sudah terbentuk.

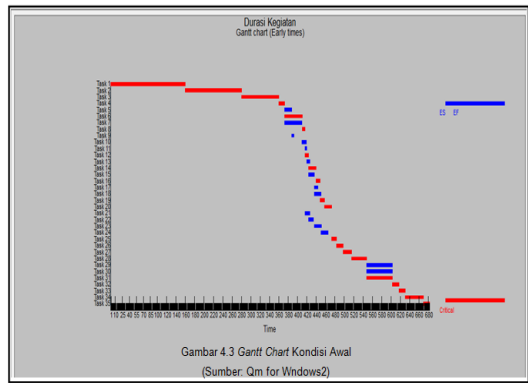
3.6 Penjadwalan Pelaksanaan Kondisi Awal

a. *Network Diagram*; merupakan suatu gambar jaringan yang digunakan perencana dalam penyelenggaraan proyek yang memberikan informasi tentang kegiatan-kegiatan yang digambarkan dalam sebuah jaringan (*network*). Dalam jaringan tersebut dapat dilihat ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan lainnya dapat dilihat pada Gambar 3.2 *Network Diagram* Kondisi Awal Pemasangan Jaringan Listrik dan Navkom.

b. *Gantt Chart*; menggambarkan informasi tentang ruang lingkup tugas awal yang harus diselesaikan sebagai syarat penyelesaian tugas berikutnya. Untuk proses pengolahannya maka data yang diperhatikan adalah waktu lamanya tiap kegiatan dan ketergantungan antar aktivitas. *Gantt Chart* kondisi awal dari kegiatan proyek dapat dilihat pada Gambar 3.3 *Gantt Chart* Kondisi Awal Pemasangan Jaringan Listrik dan Navkom.



:7



3.7 Perhitungan Waktu Proyek dengan Metode CPM

a. Perhitungan Maju (*Forward Computation*) perhitungan dapat dilaksanakan dengan menggunakan persamaan dengan rumus:

$$ES(i,j) = TE(j) = 0$$

$$EF(i,j) = ES(i,j) + t(i,j) = TE(i) + t(i,j) \tag{2.4}$$

Dimana :

ES= Saat tercepat dimulainya aktivitas

TE = Saat tercepat terjadinya event

EF= Saat tercepat diselesaikannya aktivitas

t = Waktu yang diperlukan untuk suatu aktivitas

(i) = Kejadian awal

(j) = Kejadian tujuan

b. Perhitungan Mundur (*Backward Computation*) perhitungan dapat dilaksanakan dengan menggunakan persamaan dengan rumus:

$$LS = LF - t \tag{2.9}$$

$$LF(i,j) = TL \text{ dimana } TL=TE \tag{2.10}$$

Maka :

$$LS(i,j) = TL(j) - t(i,j) \tag{2.11}$$

Dimana :

LS = Saat paling lambat dimulainya aktivitas

LF = Saat paling lambat diselesaikannya aktivitas

TL = Saat paling lambat terjadinya *event*

t = Waktu yang diperlukan untuk suatu aktivitas

(i) = Kejadian awal

(j) = Kejadian akhir

3.8 Penentuan Jalur Kritis

a. *Total Float* : dihitung dengan cara mencari selisih antara saat paling lambat dimulainya aktivitas dengan saat paling cepat dimulainya aktivitas dihitung dengan persamaan :

Rumus :

$$S = LS - ES$$

(2.12)

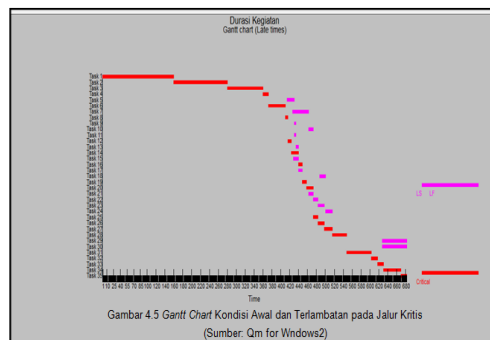
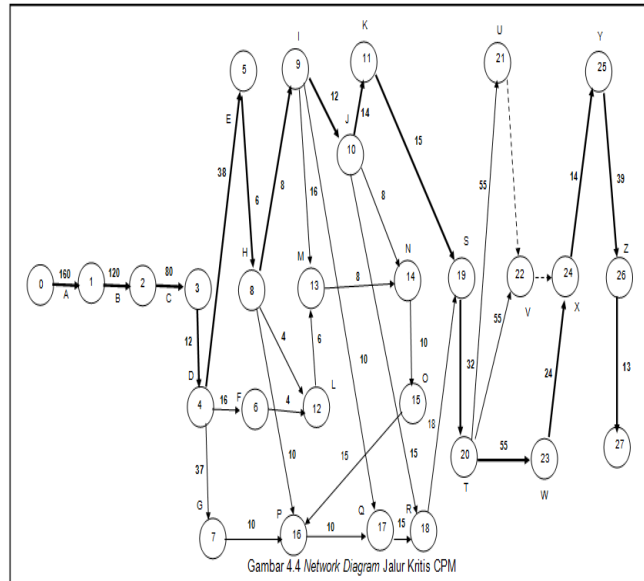
Dimana :

S = *Total float*

LS = Saat paling lambat dimulainya aktivitas

ES = Saat tercepat dimulainya aktivitas.

Pada gambar dibawah ini dapat dilihat jalur kritis pada jaringan CPM kondisi awal



3.10 Biaya Tenaga Kerja Peraktifitas Melaksanakan perhitungan biaya tenaga kerja dibutuhkan data seperti durasi kegiatan, upah tenaga kerja perhari, jumlah dan alokasi tenaga kerja peraktifitas atau kegiatan. Secara perhitungan biaya tenaga kerja pada kondisi awal ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Durasi Kegiatan (hari)} \times \text{Upah atau Gaji Pekerja} \times \text{Jumlah Pekerja}$$

Untuk lebih lengkapnya, perhitungan biaya tenaga kerja pada kondisi awal ini dapat dihitung dengan memperhatikan durasi kegiatan, upah sesuai dengan jabatan pekerja dan jumlah tenaga kerjanya

Hasil dari perhitungan biaya tenaga kerja peraktifitas diatas dapat dituangkan dalam bentuk tabel, dapat dilihat pada Tabel 3.9 Biaya Tenaga Kerja Peraktifitas Pada Kondisi Awal
Tabel 3.9 Biaya Tenaga Kerja Peraktifitas Pada Kondisi Awal

No	Jenis Kegiatan	Durasi (hari)	Kepala Bengkel	Group Leader	Teknisi	Tukang	Biaya Tenaga Kerja (Rp)
PEKERJAAN PER SIAPAN							
1	Drawing/Design	180	1	1	2		246.720.000
2	Material Input	120	1		2		108.960.000
3	Inspeksi Material	80	1	1	2		94.560.000
FABRICATION							
4	Coming	91	1	1	1	5	165.873.000
5	Main Cable Way	6		1	2	5	14.814.000
6	Sub Cable Way	4		1	1	2	3.656.000
7	Seat Panel	10			1	7	15.550.000
INSTALL							
	Main Cable Way	112		1	3	12	368.704.000
8	a.1 Gladak Utama	22					Include Above
9	a.2 Gladak I	38					Include Above
10	a.3 Gladak II	37					Include Above
11	a.4 Gladak III	15					Include Above
	Sub Cable Way	46		1	1	4	58.880.000
12	b.1 Gladak Utama	13					Include Above
13	b.2 Gladak I	8					Include Above
14	b.3 Gladak II	10					Include Above
15	b.4 Gladak II	15					Include Above
16	Seat Panel	10		1	7		15.550.000
CABLING							
17	Cutting Cable	15		1	1	3	16.455.000
18	Wiring Cable	18		1	3	20	85.608.000
19	Heat Cable	32		1	2	5	79.008.000
20	Connecting Cable	165		1	2	15	588.555.000
21	Cak Line Cable	24		1	1	5	35.112.000
22	Marggar Test	14	1	1	1	1	15.274.000
23	Compound	39		1	1	2	35.646.000
24	Test Function	13	1	1	1	1	14.183.000
Total Biaya							1.963.108.000

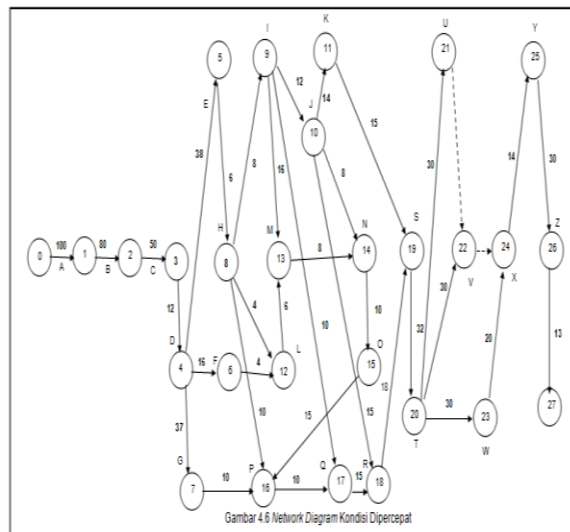
3.11 Penjadwalan Kondisi Usulan atau Percepatan Kondisi awal proyek dapat selesai dalam kurun waktu 683 hari dengan biaya **Rp 1.963.108.000,-** Dalam kondisi usulan ini akan digunakan *crash* program untuk mempercepat waktu pelaksanaan proyek. *Crash* program pada penelitian ini dilakukan dengan memberlakukan jam lembur, sedangkan *crash* program yang digunakan adalah *crash* program dengan batasan waktu maksimal yaitu penyelesaian proyek dengan batasan waktu maksimal yang ditetapkan oleh pemilik proyek. Karena keterlambatan pelaksanaan proyek maka diusulkan suatu penjadwalan dengan melakukan percepatan waktu penyelesaian proyek menjadi lebih singkat yaitu 550 hari. Adapun pemberlakuan kerja lembur untuk aktifitas proyek yang dapat dilihat pada Tabel 3.10. Adapun asumsi–asumsi yang digunakan dalam *crash* program antara lain adalah :

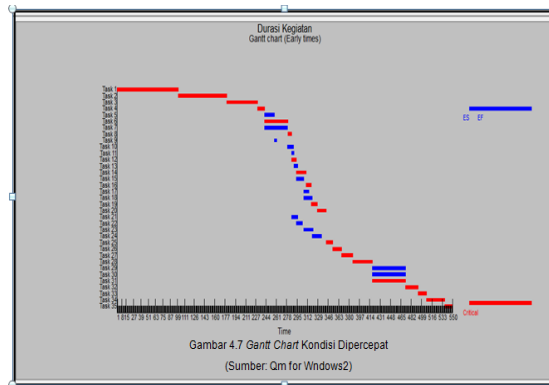
- Kegiatan yang dilaksanakan dapat dipotong atau dipercepat pelaksanaannya.
- Dengan adanya jumlah sumber daya yang tersedia tidak merupakan suatu kendala dalam pelaksanaan proyek.
- Jika dalam penyelesaian proyek diinginkan waktu penyelesaian lebih cepat dengan lingkup yang sama, maka kebutuhan sumber daya akan bertambah.

Tabel 3.10 Durasi Pekerjaan dari Percepatan

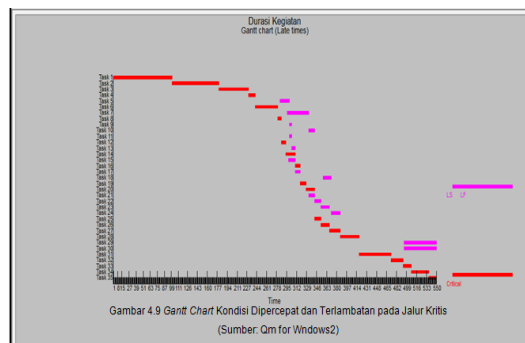
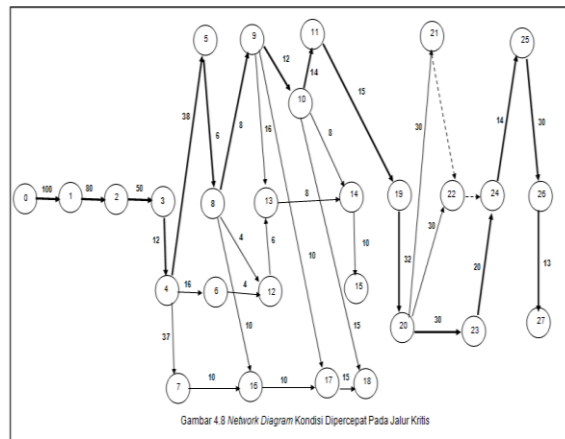
No	Jenis Kegiatan	Aktivitas Pendahulu	Aktivitas	Waktu (hari)	Waktu Dipercepat
PEKERJAAN PER SIAPAN					
1	Drawing/Design	0	A	160 hari	100 hari
2	Material Input	A	B	120 hari	80 hari
3	Inspeksi Material	B	C	80 hari	50 hari
FABRICATION					
4	Coming	D	E,F,G	91 hari	91 hari
5	Main Cable Way	E	H	6 hari	6 hari
6	Sub Cable Way	F	L	4 hari	4 hari
7	Seat Panel	G	P	10 hari	10 hari
INSTALL					
Main Cable Way					
8	a.1 Gladak Utama	H	I,L,P	22 hari	22 hari
9	a.2 Gladak I	I	J,M,Q	36 hari	36 hari
10	a.3 Gladak II	J	K,N,R	37 hari	37 hari
11	a.4 Gladak II	K	S	15 hari	15 hari
Sub Cable Way					
12	b.1 Gladak Utama	L	M	13 hari	13 hari
13	b.2 Gladak I	M	N	8 hari	8 hari
14	b.3 Gladak II	N	O	10 hari	10 hari
15	b.4 Gladak III	O	P	15 hari	15 hari
16	Seat Panel	P	Q	10 hari	10 hari
CABLING					
17	Cutting Cable	Q	R	15 hari	15 hari
18	Wiring Cabel	R	S	18 hari	18 hari
19	Perapian Cabel	S	T	32 hari	32 hari
20	Connecting Cabel	T	U,V,W	165 hari	90 hari
21	Cek Line Cabel	W	X	24 hari	20 hari
22	Merger Test	X	Y	14 hari	14 hari
23	Compound	Y	Z	39 hari	30 hari
24	Test Funtction	Z	Z1	13 hari	13 hari
Total hari dipercepat				683 hari	550 hari

Diagram dibawah merupakan diagram waktu pekerjaan dipercepat





3.12 Perhitungan Jalur Kritis Kondisi Percepatan



Hasil dari perhitungan biaya tenaga kerja peraktifitas yang dipercepat dapat dicari *slope* aktifitas yang berguna mengetahui perbandingan untuk memilih aktifitas kritis mana yang akan diperpendek, semakin kecil biaya untuk memperpendek priode waktu dari aktifitas tersebut, demikian sebaliknya. Biaya perunit waktu atau *slope* untuk sembarang aktivitas dihitung dengan:

$$\text{Slope Biaya} = \frac{\text{Biaya Crash} - \text{Biaya Normal}}{\text{Waktu Normal} - \text{Waktu Crash}}$$

Tabel 3.14 Tambulasi Biaya Normal, Dipercepat dan

Slope Biaya

Kegiatan	Waktu Normal	Biaya Normal	Waktu Crash	Biaya Crash	Slope Biaya
Drawing/Design	160	189.120.000	100	237.207.720	801.462
Material Input	120	108.960.000	80	115.080.000	153.000
Inspeksi Material	80	94.560.000	50	100.603.860	201.462
CABLING					
Conneting Cable	165	588.555.000	90	637.852.950	657.306
Cek Line Cable	24	35.112.000	20	36.182.256	267.564
Compound	39	35.646.000	30	37.132.620	164.180

Tabel 4.15 Durasi Aktivitas, Biaya Proyek Kondisi Awal dan Dipercepat

No	Jenis Kegiatan	Waktu (hari)		Biaya(Rp)	
		Normal	Percepat	Normal	Percepat
PEKERJAAN PERSIAPAN					
1	Drawing/Design	160	100	189.120.000	237.207.720
2	Material Input	120	80	108.960.000	115.080.000
3	Inspeksi Material	80	50	94.560.000	100.603.860
FABRICATION					
4	Coming	91	91	165.873.000	165.873.000
5	Main Cable Way	6	6	14.814.000	14.814.000
6	Sub Cable Way	4	4	3.656.000	3.656.000
7	Seat Panel	10	10	15.550.000	15.550.000
INSTALL					
8	Main Cable Way	112	112	368.704.000	368.704.000
9	a.1 Gladak Utama	22	22	Include above	Include above
10	a.2 Gladak I	38	38	Include above	Include above
11	a.3 Gladak II	37	37	Include above	Include above
12	a.4 Gladak II	15	15	Include above	Include above
13	Sub Cable Way	46	46	58.8880.000	58.8880.000
14	b.1 Gladak Utama	13	13	Include above	Include above
15	b.2 Gladak I	8	8	Include above	Include above
16	b.3 Gladak II	10	10	Include above	Include above
17	b.4 Gladak III	15	15	Include above	Include above
18	Seat Panel	10	10	15.550.000	15.550.000
CABLING					
19	Cutting Cable	15	15	16.455.000	16.455.000
20	Wiring Cabel	18	18	85.608.000	85.608.000
21	Perapian Cabel	32	32	79.008.000	79.008.000
22	Connecting Cabel	165	90	588.555.000	637.852.950
23	Cek Line Cable	24	20	35.112.000	36.182.256
24	Merger Test	14	14	15.274.000	15.274.000
25	Compound	39	30	35.646.000	37.132.620
26	Test Function	13	13	14.183.000	14.183.000
Jumlah				1.963.108.000	2.075.214.406

3.13 Perubahan Biaya Tenaga Kerja dan Analisa Ekonomi Proyek Perubahan Biaya Tenaga Kerja : Setelah mengalami *Crash Program* maka terdapat perubahan biaya/upah tenaga kerja dikarenakan adanya kerja lembur atau percepatan durasi pekerjaan sebesar Rp.2.075.214.406 – Rp.1.963.108.000 = Rp.112.106.406 dengan adanya percepatan penyelesaian proyek tersebut adanya peningkatan biaya yang terjadi yaitu sebesar Rp. 112.106.406 selama 550 hari atau sekitar Rp.203.829 perhari.

Analisa Ekonomi Proyek : Data–data yang dibutuhkan dalam melakukan analisa ekonomi proyek untuk kedua kondisi data biaya langsung, biaya tidak langsung dan nilai proyek.

1. Biaya Bahan Baku

Untuk mengetahui biaya bahan baku atau material yang disebut dengan biaya langsung dapat dilihat pada data–data seperti harga material proyek Tabel 4.2 untuk perincian perhitungan biaya bahan baku atau material langsung yakni Rp.15.190.022.609

2. Biaya Tenaga Kerja Langsung

Perhitungan biaya tenaga kerja langsung diperoleh dari total biaya untuk upah pada Tabel 4.15 durasi aktivitas, biaya tenaga kerja proyek kondisi awal dan dipercepat adapun kondisi total biaya langsung kedua kondisi adalah :

- a. Total biaya tenaga kerja langsung pada kondisi awal/normal Rp.1.963.108.000
- b. Total biaya tenaga kerja langsung pada kondisi percepatan Rp. 2.075.214.406

Perbedaan biaya tenaga kerja langsung pada kondisi awal/ normal dengan kondisi percepatan terdapat selisih sekitar Rp. 112.106.406

Untuk biaya tenaga kerja langsung pada kondisi percepatan mengalami perubahan biaya. Adanya penambahan biaya disebabkan karena adanya penambahan biaya tenaga kerja lembur. Sehingga hal ini merupakan konsekuensi diadakan percepatan dengan kerja lembur yang dikarenakan keterlambatan pelaksanaan proyek waktu awal.

3. Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung yang terdapat pada proyek pemasangan instalasi listrik dan navkom ini antara lain adalah menyangkut biaya pemeliharaan fasilitas, pengadaan barang administrasi dan inspeksi lapangan, besarnya biaya tidak langsung ini adalah 5% dari total biaya tenaga kerja langsung dan biaya kelangsungan besarnya biaya tak langsung adalah.

- a. Biaya tak langsung kondisi awal dengan waktu bekerja 683 hari :

Rp. 857.656.530,45

Rp. 857.656.530,45

- b. Biaya tak langsung kondisi percepatan dengan waktu bekerja 550 hari: **Rp. 863.261.850,75**

Dari perhitungan di atas bahwa biaya tak langsung proyek untuk kondisi percepatan **Rp.863.261.850,75** lebih besar dibandingkan dengan biaya tak langsung untuk kondisi awal **Rp.857.656.530,45** hal ini dikarenakan perusahaan harus memberi biaya *additional* (tambahan biaya) kepada karyawan.

- a. Kondisi awal dengan waktu bekerja 683 hari ;

Total biaya proyek I

Rp. 18.110.787.139,45

- b. Kondisi percepatan dengan waktu bekerja 550 hari;

Total biaya proyek II

Rp 18.128.498.865,00

Untuk nilai proyek yang pemasangan instalasi listrik dan navkom senilai Rp 18.957.000.000,-. Dari kondisi awal pengerjaan 683 memungkinkan terjadi *potensial cost* yaitu *penalty* yang diberikan oleh *client* dimana *penalty* diberikan jika terjadi keterlambatan pengerjaan dari waktu yang sudah ditentukan di dalam SPK (Surat Perjanjian Kontrak) 550 hari kerja untuk pengerjaan instalasi tersebut, besar *penalty* yang disepakati oleh perusahaan dan *client* 10% dari nilai proyek. Sementara dengan kondisi percepatan yang mana lebih cepat 133 hari maka potensi keterlambatan dikatakan 0. Akibatnya potensi kerugian serta keuntungan kondisi awal dan kondisi percepatan dapat dihitung sebagai berikut

Kondisi Awal

= Kontrak Proyek – Proyek I – Penalty 10%=

Rp18.957.000.000 - Rp18.110.787.139,45 - Rp.1.895.700.000

= Rp.- 1,049.487.139,45

Kondisi Percepatan

= Kontrak Proyek – Proyek II

=Rp.18.957.000.000-Rp.18.128.498.865,00

= Rp 828.501.135,00

Dari perhitungan diatas terlihat bahwa keuntungan menggunakan percepatan terhindar dari *penalty client* yang dimana nilainya cukup *significant* yakni sebesar Rp 828.501.135,00 dan ditambah dengan kerugian 1.049.487.139 yang mana hal tersebut dapat mengurangi berkurangnya kepuasan *client* dan meruginya perusahaan.

4.1 Analisa *Critical Path Method* (CPM) Kondisi Awal

Kondisi awal pada pelaksanaan proyek memerlukan waktu 683 hari untuk pengerjaan pemasangan instalasi, dari perhitungan maju dan mundur seperti pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7 terdapat 16 kegiatan kritis yaitu suatu kegiatan dengan tabel *float* = 0 dan ini berarti kegiatan tersebut harus dilakukan dan tidak bisa ditunda, dan apabila terjadi penundaan atau

keterlambatan pada kegiatan kritis tersebut maka waktu penyelesaian proyek akan tertunda pula. Proses-proses tersebut menjadi kritis karena satu proses dengan yang lainnya saling ketergantungan dan ada keterkaitan. Pada penentuan jalur kritis apabila pada prosesnya memiliki dua pendahulu maka proses yang bernilai besarlah yang dipilih, begitu juga sebaliknya untuk menentukan perhitungan mundur apabila pada perhitungan mundur ada dua atau lebih pendahulu maka proses produksi yang terkecil yang akan dipilih.

4.2 Analisa Critical Path Method (CPM) Kondisi Percepat

Untuk kondisi percepatan, waktu penyelesaian selama 550 hari (terjadi total percepatan 133) hari dengan 16 lintasan kritis yang sama. Dalam percepatan waktu proses dilakukan berdasarkan keadaan dilapangan dengan cara observasi lapangan dengan cara menambahkan jam lembur bagi tiap-tiap proses yang harus didahulukan. 16 item pekerjaan yang termasuk dalam jalur kritis dengan waktu lembur dengan perhitungan : $Durasi\ Kegiatan\ (hari) \times Upah\ atau\ Gaji\ Pekerja \times Jumlah\ Pekerja$ hasil hitungan dapat dilihat pada Tabel 3.14.

4.3 Analisa Biaya Bahan Langsung

Pada tabel 3.2 diketahui biaya bahan langsung adalah Rp 15.190.022.609 yang meliputi harga material dan bahan-bahan pembantu proses untuk pemasangan instalasi listrik dan navkom pada kapal KCR-60, nilai tersebut di dapat dari semua penjumlahan harga material.

4.4 Analisa Upah Tenaga Kerja Langsung.

Tenaga kerja dibayar per-harinya jabatan masing –masing. Sedangkan upah lembur dihitung tiap hari kerja yang disesuaikan dengan jabatan pekerjaan masing–masing pekerja. Pekerjaan lembur dapat diadakan suatu waktu apabila memang diperlukan, seperti untuk mengejar waktu penyelesaian proyek apabila terjadi kemunduran. Jam lembur dilakukan 2 jam setiap harinya setelah jam bekerja normal. Upah tenaga kerja digunakan untuk mengukur nilai ekonomi proyek. Pembagian gaji dilakukan setiap akhir bulan yaitu pada tanggal 30/31. Dalam sehari ada 8 jam kerja normal, yaitu jam 08.00–12.00 WIB, jam 13.00–17.00 WIB dan 1 jam istirahat.

4.5 Analisa Biaya Tak Langsung

Biaya tak langsung dapat dinyatakan keterikatannya dalam kegiatan proyek, antara lain peralatan dan mesin, administrasi lapangan, biaya pengawasan dan lain–lain. Besarnya biaya tak langsung adalah 5% dari total biaya bahan langsung dan biaya tenaga kerja langsung yaitu Rp.1.963.108.000 pada kondisi awal dan Rp. 2.075.214.406 pada kondisi percepatan.

4.6 Analisa Tenaga Kerja Peraktivitas.

Pada kondisi awal biaya tenaga peraktivitas dengan deskripsi pada pekerjaan Drawing/Design dilakukan oleh 1 orang Kabeng dengan biaya Rp.360.000 perhari, 1 orang *Leader Group* dengan biaya Rp.274.000 perhari dan 4 orang Teknisi dengan biaya @ Rp.274.000 perhari, untuk *Drawing/Desing* pada kondisi awal membutuhkan waktu 160 hari, total biaya tenaga kerja peraktivitas Rp.246.720.000, untuk lebih jelas biaya perkativitas setiap pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 4.9 Biaya Tenaga Kerja Peraktivitas Pada Kondisi Awal.

4.7 Analisa Aktivitas yang dapat dipersingkat.

Pada perbaikan ini dilakukan percepatan pada kegiatan tertentu yang nantinya menghasilkan *network* diagram dengan jumlah waktu yang baru untuk proses pengerjaan pemasangan instalasi listrik dan navkom, waktu proses dipercepat selama 133 hari. Dalam hal ini proses–proses yang dipercepat dengan deskripsi pekerjaan *Drawing/Design* yang pada awalnya dikerjakan 160 hari, setelah percepatan proses pengerjaan dapat dilaksanakan dengan waktu 100 hari, pada proses aktivitas kegiatan pekerjaan lainnya dapat lihat pada Tabel 4.15 Durasi Aktivitas, Biaya proyek Kondisi Awal dan Kondisi Dipercepat.

5.1 Kesimpulan

Dari uraian pengolahan data yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Aktivitas kritis pada kondisi awal dengan waktu 683 hari untuk kondisi percepatan waktu penyelesaian selama 550 hari (total percepatan 133 hari) dengan 16 lintasan kritis yang mencakup 34 aktivitas pekerjaan yang semua aktivitasnya masuk kelintasan kritis.
- b. Perbedaan waktu pengerjaan pada saat kondisi awal dan kondisi percepatan adalah 133 hari.
- c. Besarnya nilai proyek yang dijalankan sebesar Rp.18.957.000.000 dan apabila mengalami keterlambatan dalam pengerjaan akan dikenakan biaya *penalty* 10% yang besar uangnya sekitar Rp1.895.700.000 dengan demikian mendapatkan perbandingan antara kondisi percepatan lebih besar keuntungannya dengan nilai sebesar Rp 828.501.135,00 dibandingkan dengan kondisi awal dimana perusahaan kena *penalty* akibat keterlambatan pekerjaan dan mengalami kerugian sebesar Rp.- 1,049.487.139,45

5.2 Saran

- a. Sebaiknya perusahaan lebih disiplin dalam melaksanakan penjadwalan suatu proyek, karena penjadwalan yang baik akan memberikan berbagai keuntungan baik dari segi *financial* maupun segi mutu.
- b. Perusahaan hendaknya mengadakan pengawasan yang ketat pada aktivitas-aktivitas yang kritis, karena apabila dalam aktivitas ini mengalami keterlambatan pelaksanaan maka akan mengakibatkan keterlambatan penyelesaian proyek secara keseluruhan.
- c. Keputusan pelaksanaan kerja lembur hendaknya sudah diperhitungkan sebelum menyusun penjadwalan dan melaksanakan suatu proyek. Hal ini merupakan antisipasi adanya keterlambatan penyelesaian proyek yang sudah disepakati kedua pihak. Pelaksanaan kerja lembur sedapat mungkin dilaksanakan dengan pengawasan yang baik pula. Umumnya pada kerja lembur akan mengalami penurunan produktivitas dari pekerja yang secara langsung maupun tidak berpengaruh pada kualitas/mutu dari proyek.

Daftar Pustaka

- Badri, S. (1997). *Dasar-dasar Network Planing*. Jakarta : PT Rika Cipta. Graha ilmu
- Berita Militer Indonesia., (2014), *Pengadaan Alutsista TNI AL*. [online].Tersedia: http://beritamiliterindo.blogspot.co.id/2014/12/pengadaan-alutsista-tni-al-antara_27.html. [Oktober 2015]
- Chase, R.B., Jacobs, F.R., dan Aquilano, N.J., (2007), *Operation Management*, 11th edition, McGraw-Hill/Irwin, a business unit of The McGraw-Hill Companies, Inc., 1221 Avenue of the Americans, New York, NY, 10020
- Chatrapornchai. and D.Sawangkokrouk., (2013), *Project Mangement Software : Allocation and Scheduling Aspect*, International Journal of u and e Service, science and Technology. Vol.6 No, 3, 2013.
- Dimiyati,. dan Tjutju Tarliah, A., (1999), *Operation Rresearch Model-Model Pengambilan Keputusan*, Sinar Baru Algesindo, Bandung.
- Dina Krisnawati., Imam Pujo Mulyatno dan Kiryanto., (2015). *Analisis Re-Schedule Pembangunan Kapal Baru Sistem Hull Block Contrukction Method (HBCM) dengan Critical Path Method (CPM) pada kapal Tug Boat 2x1600 Hp Hull 62*, Vol. 3, No. 1 Januari 2015.
- Eddy, Harjanto. (2003). *Manajemen Operasi*, Edisi ketiga. Jakarta : PT.Gramedia Widiasarana Indonesia
- Hayan, A., (2005), *Analisa Durasi Proyek Jalan dengan Penggabungan Metode CPM dan PERT pada Proyek Luasa Jalan Pada Kota Lewoleba Kabupaten Lambatu Provinsi Nusa Tenggara Timur*, Tesis, Universitas Terbuka, Jakarta, Indonesia.
- Haming, Murdifin dan Nurnajamuddin, Mahfud. (2007). *Manajemen Produksi Modern Operasi Manufaktur dan Jasa*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Handoko T. Hani, (2000), *Manajemen Personalia dan Sumberdaya Manusia*, Edisi II, Cetakan Keempat Belas, Penerbit BPFE, Yogyakarta.
- Kareth Michael., (2012), *Analisis Optimalisasi Waktu Dan Biaya Dengan Program Primavera 6.0*. Jurnal Sipil Statik Vol.1 No. 1, November 2012 (53-59).
- Lalu Sumayang., (2003). *Dasar-Dasar Manajemen Produksi dan Operasi*. Edisi Pertama. Jakarta: Salemba Empat.
- Levin, Richard I. dan Charles A Kirkpatrick. (1972). *Perentjanaan dan Pengawasan Dengan PERT dan CPM*. Jakarta : Bhtrata.

- Maharany, Leny dan Fajarwati., (2006). *Analisis Optimasi Percepatan Durasi Proyek dengan Metode Least Cost Analysis*. Utilitas, Vol. 14, No. 1, h. 113-130.
- Nasim Monjezi, Mohammad Javad Sheikhdavoodi and Hadi Basirzadeh, 2011. *Application of Project Scheduling in Agriculture (Case Study: Mechanized Greenhouses Construction Project)*. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 4(3): 241-244, 2012 ISSN: 2040-7467.
- Render, B & Heizer, J. (2008). *Prinsip – prinsip Manajemen Operasi*. Edisi 2. Jakarta Salemba Empat
- Riza Arifudin., (2012). *Optimasi Penjadwalan Proyek Dengan Penyeimbangan Biaya Menggunakan Kombinasi CPM dan Algoritma Genetika*, Jurnal Masyarakat Informatika, Volume 2, Nomor, ISSN 2086-4930.
- Sandyavitri, A., (2008), *Pengendalian Dampak Perubahan Desain Terhadap Waktu Dan Biaya Pekerjaan Konstruksi*, Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau Volume. 9, No. 1, Oktober 58 2008 : 57 – 70.
- Santoso., B. (1997). *Manajemen Proyek. Edisi 1*. Guna Widaya, Surabaya
- Siswanto. (2007). *Pengantar Manajemen*. Jakarta: PT. Bumi Aksara
- Soeharto., I. (1999). *Manajemen Proyek*. Erlangga, Jakarta :
- Tampubolon, P. Manahan, (2004), *Manajemen Operasional*, edisi pertama, Ghalia Indonesia
- Teguh Yudha Kusumah dan Silvia Kusuma Wardhani, (2008). *Optimasi Waktu dan Biaya pada Jaringan Kerja Critical Path Method (CPM) dan Preceden*.
- Viva.co.id/news. (2014), *TNI AL Dapat Tambahan Kapal Perang Buatan dalam Negeri*. [Online]. Tersedia : <http://nasional.news.viva.co.id/news/read/532745-tni-al-dapat-tambahan-kapal-perang-buatan-dalam-negeri>
- Wahyu Amani., (2012). *Perbandingan Aplikasi CPM, PDM, dan Teknik Bar Chart-Kurva S Pada Optimalisasi Penjadwalan Proyek*. Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster), Vol. 01, No. 1, 2012, Hal. 15 – 22.