

## OPTIMALISASI PELAKSANAAN PROYEK DENGAN METODE CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT

Moch. Haiqal Insani – Muh. Nuruddin - Said Salim Dahda  
Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik  
Jl. Sumatera No 101, Gresik 61121, Jatim  
Email : [email\\_haiqal@yahoo.com](mailto:email_haiqal@yahoo.com)

### Abstrak

Perencanaan dan penjadwalan dalam manajemen proyek merupakan tahap yang sangat penting dalam menentukan keberhasilan sebuah proyek. Permasalahan yang sering terjadi di dalam sebuah proyek adalah penyelesaian proyek yang terlambat dikarenakan ketidaksesuaian antara rencana awal dengan realisasi yang ada dalam pelaksanaannya. Sehingga diperlukan metode penjadwalan yang optimal dan didukung dengan pengendalian yang sensitif, artinya dapat mengungkap dan mendeteksi penyimpangan sedini mungkin. Penelitian ini dilakukan untuk menerapkan metode *Critical Chain Project Management* dalam pelaksanaan proyek Fabrication & Installation Eksternal Piping FA #4 untuk mencari solusi optimalisasi dan pengendalian dalam pelaksanaan penjadwalan proyek. Metode penelitian yang digunakan adalah dengan mengumpulkan data berupa jadwal proyek (Kurva-S), Bill Of Quantity, laporan mingguan (summary progress report). Kemudian berdasarkan data tersebut, dibuatlah penjadwalan yang baru dengan menggunakan metode *Critical Chain Project Management*, yang nantinya diharapkan dapat menghasilkan penjadwalan yang optimal dengan dilakukan pengukuran kinerja proyek dan dapat mengatasi permasalahan pengendalian dan penyelesaian akhir proyek. Hasil dari pengembangan penjadwalan dengan menggunakan metode Critical Chain Project Management didapat waktu penyelesaian proyek menjadi 84,25 hari kerja dari 90 hari kerja yang telah dinyatakan didalam kontrak kerja sebelumnya. Melalui hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan dapat menghasilkan penjadwalan yang optimal dengan menghilangkan waktu tunggu dan waktu pengamanan pada setiap pekerjaan.

**Kata Kunci :** Optimalisasi Pelaksanaan Proyek, Manajemen Proyek, Critical Chain

### 1. PENDAHULUAN

Perencanaan dan penjadwalan merupakan bagian penting untuk menentukan keberhasilan suatu proyek. Masalah yang sering dihadapi dalam proyek adalah terjadinya ketidaksesuaian antara rencana awal dengan realisasi yang ada dalam pelaksanaan proyek, seberapa baikpun perencanaan awal tidak menutup kemungkinan terjadi perubahan yang mengakibatkan keterlambatan penyelesaian.

Proyek EPC (*Engineering, Procurement and Construction*) merupakan jenis proyek yang juga memiliki kompleksitas dari proyek konstruksi, mulai dari saling ketergantungan antar aktifitas yang ada, fase overlaps antar masing – masing aktifitasnya, pemecahan aktifitas menjadi aktifitas – aktifitas pekerjaan yang lebih detail, kompleksitas struktur organisasi dan ketidakpastian dalam akurasi prediksi yang timbul selama masa pelaksanaan.

Untuk menghindari keterlambatan pekerjaan, maka diperlukan adanya pengendalian proyek yang dapat dilakukan dengan evaluasi kinerja dan kapan diperlukan langkah perbaikan. Dimana suatu sistem pemantauan dan pengendalian disamping memerlukan perencanaan yang realistis sebagai tolok ukur pencapaian sasaran, juga harus dilengkapi dengan teknik dan metode yang dapat segera mengungkapkan tanda – tanda terjadinya penyimpangan (Imam Soeharto, 1997 : 264).

Proyek yang menjadi penelitian ini adalah proyek Fabrication & Installation External Piping FA#4 yang dikerjakan oleh PT. Citra Adi Sarana sebagai kontraktor pelaksana. Dalam pelaksanaannya dimulai 23-Oktober-2013 sesuai yang tercantum pada kontrak kerja. Dalam perencanaan dan penjadwalan PT. Citra Adi Sarana menggunakan kurva-S, sebagai mana data terlampir.

Dengan latar belakang permasalahan diatas pada study kasus proyek Fabrication & Installation External Pipping FA#4 di PT. Wilmar Nabati Indonesia yang dikerjakan oleh PT. Citra Adi Sarana sebagai kontraktor pelaksana. Penulis mencoba menerapkan metode *Critical Chain Project Management* yang dirancang untuk mempercepat penyelesaian proyek.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### **Pengertian Manajemen Proyek**

Proyek adalah kegiatan sementara yang dilakukan untuk menciptakan suatu produk atau jasa. Menurut Imam Soeharto, proyek adalah gabungan dari berbagai sumber daya berupa manusia, material dan alat untuk melaksanakan serangkaian kegiatan yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara guna mewujudkan gagasan yang timbul karena naluri manusia untuk berkembang dengan batasan biaya, waktu dan mutu yang telah ditentukan.

### **Perencanaan dan Penjadwalan Proyek**

Dalam manajemen proyek, perencanaan dan pengendalian adalah tahap yang sangat penting dalam menentukan keberhasilan proyek. Perencanaan dan pengendalian yang baik adalah paduan untuk melaksanakan pekerjaan proyek secara efektif dan efisien. Masalah akan timbul apabila terjadi ketidaksesuaian antara rencana awal dengan realisasi yang ada dalam pelaksanaan proyek, perencanaan awal berupa penyusunan (anggaran biaya, jadwal induk/waktu, penetapan spesifikasi/mutu).

### **Metode Penjadwalan dan Pengendalian**

Pemilihan metode penjadwalan pada suatu proyek dapat dipengaruhi oleh jenis pekerjaannya apakah merupakan pekerjaan berulang atau tidak, besar atau kecilnya proyek, ataupun sifat/karakteristik dari proyek yang lain. Metode dalam penjadwalan dan pengendalian proyek saat ini mengalami perkembangan, dalam usaha meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian proyek telah diperkenalkan berbagai teknik dan metode. Secara garis besar merujuk dalam PMBOK Guide mengenai gambaran manajemen waktu proyek (*Project Time*

*Management Overview*) metode yang digunakan antara lain meliputi :

### *Work Breakdown Structure (WBS)*

Kegiatan menguraikan pekerjaan proyek menjadi elemen – elemen yang lebih kecil yang secara operasional mudah dilaksanakan serta mudah diestimasi biaya dan waktu pelaksanaannya. Hasil proses hirerarkis ini disebut *Work Breakdown Structure (WBS)*.

### Metode Diagram Batang (Bar Graph Method)

Yang pertama dikembangkan dalam perencanaan dan penjadwalan adalah *Gantt Charts*. Nama ini mengacu pada penemunya Henry L. Gantt, seorang konsultan manajemen terkenal. Apa yang diperlihatkan dalam *Gantt Charts* adalah hubungan antara aktivitas dan waktu pengerjaannya. Disini bisa juga dilihat aktivitas mana yang harus mulai dulu dan aktivitas mana yang menyusul. *Gantt Charts* dibuat menyusul selesainya WBS.

### Diagram Jaringan (Network Diagram)

Metode network diagram menyajikan model penjadwalan proyek dalam bentuk jaringan yang terdiri dari simpul (node) dan anak panah (arrow). Pertama kali dikembangkan oleh E.I. Du Pont bekerja sama dengan UNIVAC Applications Research Center, pada tahun 1956 – 1958. Kemudian teknik ini dikembangkan oleh John W Maulchy dari UNIVAC Applications Research Center, James E Kelly, Jr dari Remington Rand dan Morgan Walker dari Du Pont antara tahun 1958 dan 1960.

### **Critical Chain Project Management (CCPM)**

Latar belakang Critical Chain Project Management

Pada tahun 1997, Dr. Eliyahu Goldratt memperkenalkan suatu metode penjadwalan baru untuk manajemen proyek yaitu Critical Chain Project Management (CCPM). Critical Chain Project Management adalah metode penjadwalan dan pengendalian proyek yang dikembangkan dari sebuah metodologi yang disebut Theory of Constraints diberlakukan bagi proyek – proyek untuk memperbaiki kinerja proyek

ke depan. Pendekatan Theory of Constraints memfokuskan pada sukses penyelesaian pekerjaan yang tepat waktu pada proyek secara keseluruhan.

Untuk menjabarkan penyelesaian masalah digunakan pendekatan Theory of Constraints, Goldratt mengaplikasikan 5 langkah sebagai berikut :

- Mengidentifikasi batasan sistem.
- Memutuskan bagaimana cara memanfaatkan batasan sistem.
- Turunkan yang lainnya kepada keputusan tersebut.
- Naikan batasan sistem.
- Kembali ke langkah awal dan tidak membiarkan keterlambatan yang menyebabkan batasan sistem.

#### Pengertian *Critical Chain Project Management*

Dalam berbagai proyek, *Critical Chain Project Management* didefinisikan sebagai rantai terpanjang dari kejadian – kejadian yang saling berkaitan, dimana keterkaitan satu sama lain tersebut terletak pada pekerjaan atau sumber daya yang saling berhubungan. Persyaratan dalam metode *Critical Chain Project Management* ini, Goldratt memberikan beberapa penjelasan (Cilfford F. Gray, Erik W. Larson 2007 : 252) :

- Penyakit Parkinson (*Parkinson's law*) : Pekerjaan mengisi waktu tersedia. Mengapa harus menyelesaikan sebuah tugas hari ini jika ia bisa dikerjakan besok ?
- Proteksi diri (*Hidden Saftey*) : Partisipan tidak melaporkan finis awal yang mereka capai karena takut manajemen akan, dikemudian waktu, mengubah standar dan memberikan tuntutan lebih.
- Tongkat Estafet : Finis awal barangkali tidak memimpin kepada start untuk aktivitas berikutnya karena orang yang ditunjuk untuk melakukan aktivitas berikutnya tidak siap memulai pekerjaan lebih awal. Akhirnya, waktu percepatan yang telah dicapai menjadi tidak ada artinya.

- Multitasking berlebihan : Fenomena ini menambahkan waktu untuk menyelesaikan tugas – tugas.
- Sumbatan sumber daya : Keterlambatan/penundaan yang disebabkan oleh terbatasnya sumber daya kritis yang tersedia.
- Sindrom pelajar (*Student's Syndrome*) : Ada kecenderungan untuk menunda tugas sampai anda memang harus melakukannya.

Dengan tidak adanya *multitasking*, *Student's Syndrome*, *Parkinson's law*, *As late as possible*, menghilangkan *hidden safety* dan memindahkannya dalam bentuk *buffer* dibelakang proyek dan menitik beratkan pada penyelesaian akhir proyek.

#### Estimasi Waktu Pengaman

Dalam mengestimasi durasi proyek harus didasarkan pada pengalaman perencanaan, dimana kebanyakan dari perencanaan penjadwalan cenderung untuk menambahkan durasi keamanan yang tersembunyi ke dalam penilaian – penilaian mereka untuk setiap ketidakpastian pada kinerja aktual.

No	Nama Tugas	Durasi	1 M				2 M				3 M						
			S	S	R	K	J	S	S	R	K	J	S	S	R	K	J
1	Tugas	10 H															

Gambar 1 Hidden Safety dalam estimasi (sumber : Budi Santosa, 2009 : 222)

#### Manajemen *Buffer*

Manajemen *buffer* adalah kunci untuk mengatur aktivitas pada rantai kritis jadwal proyek. *Buffer* yang digunakan di dalam *critical chain* adalah sebagai berikut :

- Project buffer* adalah untuk melindungi waktu penyelesaian akhir proyek dari ketidakpastian jadwal di dalam aktivitas *critical chain*. *Project buffer* ditempatkan pada akhir proyek setelah pekerjaan

yang berada didalam jaringan kritis yang terakhir.

- b. *Feeding buffers* adalah untuk melindungi dan menjaga kinerja aktivitas jaringan critical chain dari perubahan karena ketidakpastian jadwal di dalam aktivitas dari jaringan yang tidak. *Feeding buffer* ditempatkan pada persimpangan antara rantai yang tidak kritis dengan *critical chain*.
- c. *Resource buffer* adalah untuk mengantisipasi dan menjamin keamanan dari ketersediaan sumber daya, sehingga tidak ada penambahan waktu untuk *critical chain*, *Resource buffer* ditempatkan pada *critical chain*.

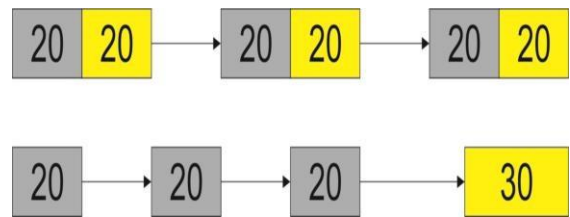
Manajemen *buffer* menyediakan suatu alat antisipasi yang jelas untuk mengantisipasi tindakan-tindakan dan keputusan-keputusan di dalam suatu proyek. Dimana instrumen yang digunakan adalah dengan memperlihatkan pada sejauh mana *penetrasi buffer* terhadap suatu interval waktu, yang nantinya akan memberi suatu pandangan perspektif dari tingkat konsumsi *buffer*. Sehingga tim proyek perlu memonitor *Project buffer* dan *feeder-feeder buffer* pada interval waktu tertentu pada proyek, biasanya pada *progress* mingguan.

	0/3	1/3	2/3	3/3
<i>Feeding Buffer 1</i>	X			
<i>Project Buffer</i>		X		
<i>Feeding Buffer 2</i>			X	
	Tidak perlu mengambil tindakan	Merencanakan tindakan	Melakukan tindakan	

Gambar 2 Penetrasi Buffer dengan menyediakan pengukuran dengan kontrol CCPM  
(Sumber : Larry P. Leach, 2000)

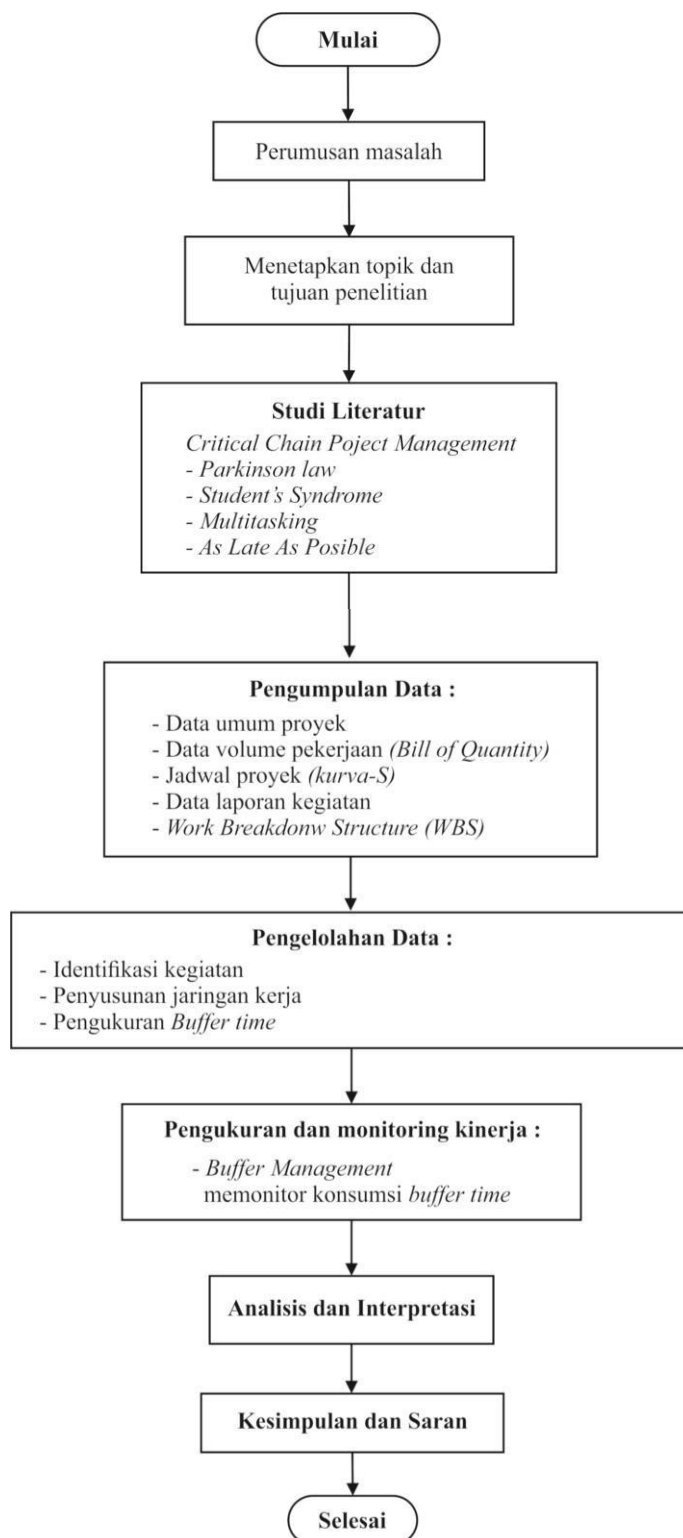
### Metode Pengukuran *Buffer*

*Feeding buffer* di dalam C&PM pada dasarnya memotong 50% dari durasi untuk semua aktivitas, dan untuk melekatkan *project buffer* dengan separuh durasi rantai kritis (*critical chain*) pada akhir rantai, seperti halnya untuk melekatkan *buffer* pengisi dengan separuh durasi aktivitas ke aktivitas pada jalur yang tidak rantai kritis (*non-critical chain*) yang membawa kepada rantai kritis.



Gambar 3 Contoh perhitungan buffer dengan metode C&PM

### 3. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 4. Flowchart Penelitian

### 4. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

#### 1. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dijelaskan tentang tahapan pengumpulan dan pengolahan data dari permasalahan yang ada didalam objek pengamatan. Untuk pengumpulan dan pengolahan data menggunakan pendekatan metodologi yang terdapat didalam prinsip-prinsip Critical Chain Project Management.

#### 2. Pengolahan Data

Setelah dilakukan pengumpulan data, tahap selanjutnya adalah pengolahan data yang dimulai dengan mengidentifikasi kegiatan, hubungan antar kegiatan, penyusunan jaringan kerja, penentuan ukuran & alokasi *buffer time*, estimasi biaya, pengukuran & monitoring kinerja

Gambaran umum proyek

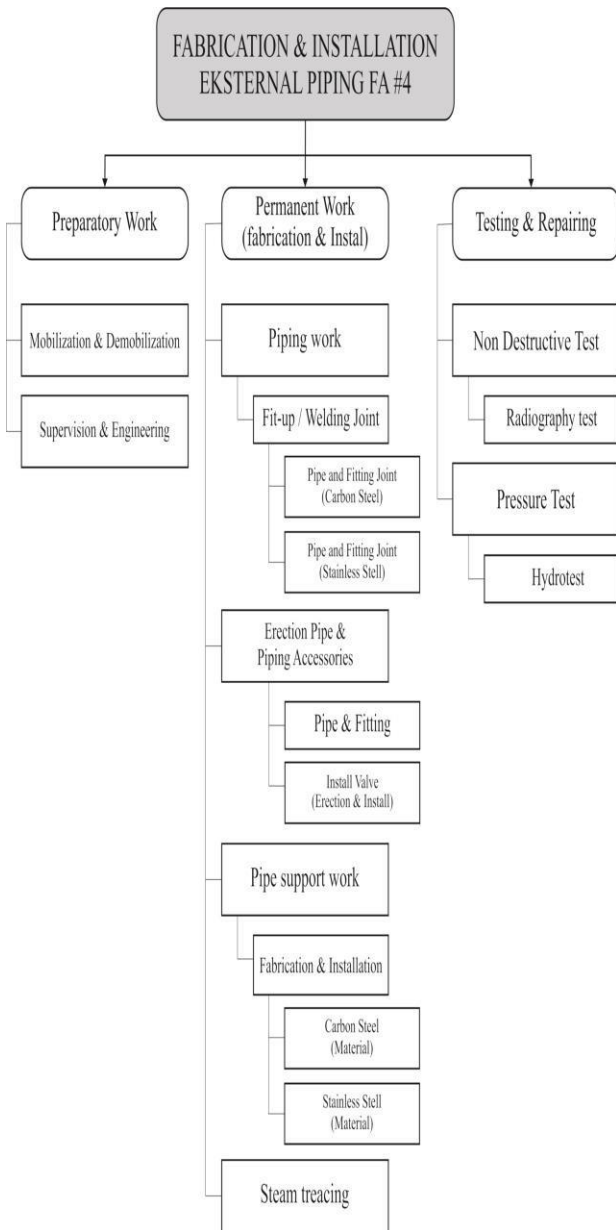
Proyek fabrication & installation eksternal piping FA#4 ini dilaksanakan di area PT. Wilmar Nabati Indonesia Gresik, Jawa Timur dengan waktu pelaksanaan 90 hari kalender dan nilai kontrak sebesar Rp. 3.520.000.000 Harga pekerjaan tersebut telah disetujui kedua belah pihak, harga tersebut sudah termasuk pajak pertambahan nilai (PPN) 10 % dan Pajak Penghasilan (PPH), beserta segala pajak pengeluaran untuk kelangsungan pekerjaan ini. Harga pekerjaan bersifat *Lumpsum Fixed Price* (Harga tetap dan tidak berubah), kecuali dalam hal adanya penambahan atau pengurangan pekerjaan berdasarkan persetujuan tertulis pemilik.

*Work Breakdown Structure* (WBS)

Gambar 4.1 : *WorkBreakdown Structure* (WBS) proyek fabrication & installation eksternal piping FA #4

#### 3. Identifikasi Kegiatan

Identifikasi kegiatan ini dilakukan dengan maksud untuk menelusuri pekerjaan-pekerjaan apa saja yang ada didalam suatu pekerjaan tersebut sehingga dalam durasi yang



Gambar 5. Alur kerja

dihasilkan nantinya dapat benar-benar terjaga dari cadangan waktu (*hidden safety*).

#### Hubungan antar pekerjaan

Hubungan keterkaitan pekerjaan diperoleh dari logika ketergantungan yang disebabkan oleh sifat kegiatan itu sendiri, dengan memperhatikan kegiatan apa yang dimulai terlebih dahulu (predecessor), kegiatan apa yang mengikuti (successor) dan adakah kegiatan yang bisa dilakukan secara bersamaan / sejajar untuk menghemat waktu

Tabel 1 Hubungan antar pekerjaan berdasarkan jadwal *existing*

No	Task Name	Duratio n (Har i)	Pend ahulu
1	<b>Fabrication &amp; Installation Ekternal Piping FA #4</b>	<b>90</b>	-
2	<b>- Preparatory Work</b>	<b>14</b>	-
3	- Mobilization	14	
4	- Supervision & Engineering	82	
5	<b>- Permanent Work (Fabrication &amp; Installation)</b>		
6	- Piping Work	77	4FS-91%
7	- Pipe Support Work	42	6SS
8	- Pipe And Fitting Erection	56	6FS-72%
9	- Instal Valve (erection & instal)	21	8FS-39%
10	- Instal Steam Tracing Cooper Tubing	21	9SS
11	- Non Destructive Test (only technical preparation)	14	6FS-84%
12	- Pressure Test & Test Package	28	11FS-28%
13	- Demobilization	14	9FS-62%

(Sumber : Dokumen Proyek Diolah Dari *Microsoft Project*)

#### Penyusunan Jaringan Kerja

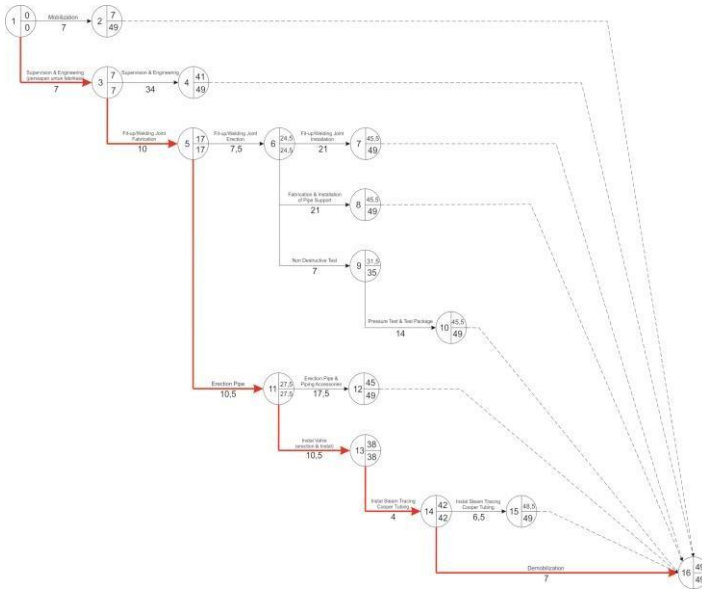
Untuk membentuk suatu diagram jaringan kerja dengan metode CCPM maka dibutuhkan hubungan ketergantungan antar pekerjaan yang satu dengan pekerjaan lainnya dimana hubungan pekerjaan tersebut merupakan kendala (*constraints*) yang dapat mempengaruhi kemampuan sumber daya untuk melaksanakan proyek.

Tabel 2 Data hubungan keterkaitan dengan metode *Critical Chain*

No	Task Name	Duratio n (Ha ri)	Pendahulu
1	<b>Fabrication &amp; Installation Ekternal Piping FA #4</b>		
2	- Preparatory Work		
3	- Mobilization	7	-
4	- Supervision & (persiapan untuk fabrikasi)	7	-
5	- Supervision & Engineering	34	4
6	<b>- Permanent Work (Fabrication &amp; Installation)</b>		
7	- Piping Work		
8	- Fit-up / Welding Joint Fabrication	10	4
9	- Fit-up / Welding Joint & Erection	7,5	8
10	- Fit-up / Welding Joint Installation	21	9
11	- Pipe Support Work		
12	- Fabrication & Installation of Pipe Support	21	9
13	- Erection Pipe & Piping Accessories		
14	- Erection		
15	- Erection Pipe	10,5	8
16	- Erection & Piping Accessories	17,5	15
17	- Installation Piping Accessories		
18	- Instal Valve	10,	15

8	(erection & instal)	5	
19	- Instal Steam Tracing Cooper Tubing	4	18
20	- Instal Steam Tracing Cooper Tubing	6,5	19
21	- Testing & Repairing		
22	- Non Destructive Test (only preparation)	7	9
23	- Pressure Test & Test Package	14	22
24	- End Preparatory Work		
25	- Demobilization	7	19
26	- Finish	0	3;5;10;12;16;20;23;25

(Sumber : Diolah Dari *Microsoft Project*)



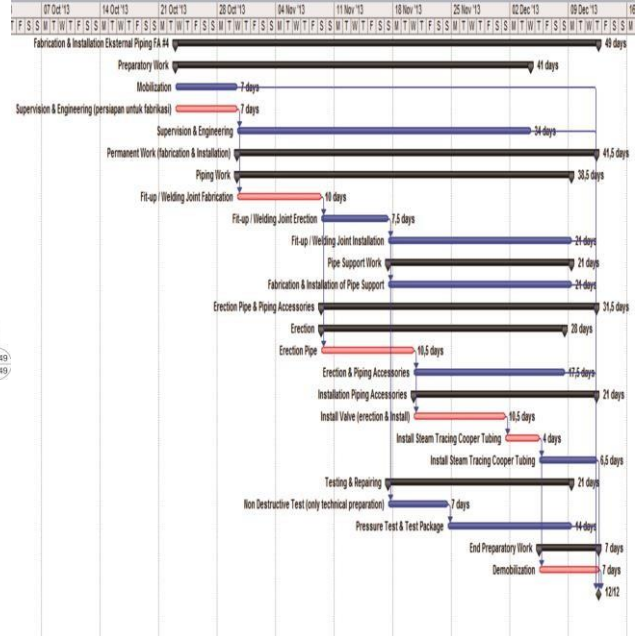
Gambar 6. Jaringan Kerja CPM Fabrication & Installation Eksternal Piping FA#4

Data pada tabel 4.2 merupakan data olahan dari tabel 4.2, sedangkan gambar 4.9 merupakan jaringan kerja Fabrication & Installation Eksternal Piping FA#4 dengan garis merah yang menunjukkan jalur lintasan kritis. Untuk menghindari adanya multitasking yang mengakibatkan terjadinya konflik pada pemakaian sumber daya maka hubungan start to start diubah menjadi finish to start. Dan juga menjadwalkan semua pekerjaan yang tidak berada didalam jalur kritis dengan waktu mulai paling awal/sesegera mungkin (as soon as possible) didesak/dipindahkan ke waktu mulai pelaksanaan akhir (as late as possible) dengan mempertimbangkan konstrain dan hubungan ketergantungan tata jaringan dengan yang terdapat pada jalur kritis.

Sehingga diperoleh hasil perencanaan dan penjadwalan dengan menggunakan metode critical chain project management. Melalui penggunaan software microsoft project membantu dalam hal identifikasi lintasan kritis proyek (critical path). Dimana ciri lintasan kritis adalah

aktifitas yang memiliki total float (waktu tunda) = 0.

Gambar 7. Diolah dari Microsoft Project identifikasi lintasan kritis



Penentuan Ukuran & Alokasi Buffer Time

Pada penjadwalan CCPM ini digunakan estimasi 50/50, karena menurut Goldratt's penggunaan estimasi 50/50 akan memperkecil kerja hukum Parkinson, student syndrome dan perlindungan diri dan pada gilirannya dapat meningkatkan tingkat produktivitas tiap-tiap tugas individual (Clifford F. Gray dan Erik W. Larson, 2007). Besarnya project buffer dapat dihitung menggunakan cut and paste method (C&PM) yaitu 50% dari waktu keseluruhan pelaksanaan proyek pada pekerjaan yang berada pada rantai kritis, maka :

$$\begin{aligned}
 \text{Project Buffer} &= \text{durasi total} \\
 &\text{rantai kritis} \times 50\% \\
 &= 49 \times 50\% \\
 &= 24,5
 \end{aligned}$$

Tabel 3 Penentuan ukuran & alokasi project buffer



Tabel 4 Penentuan ukuran & alokasi *feeding buffer*

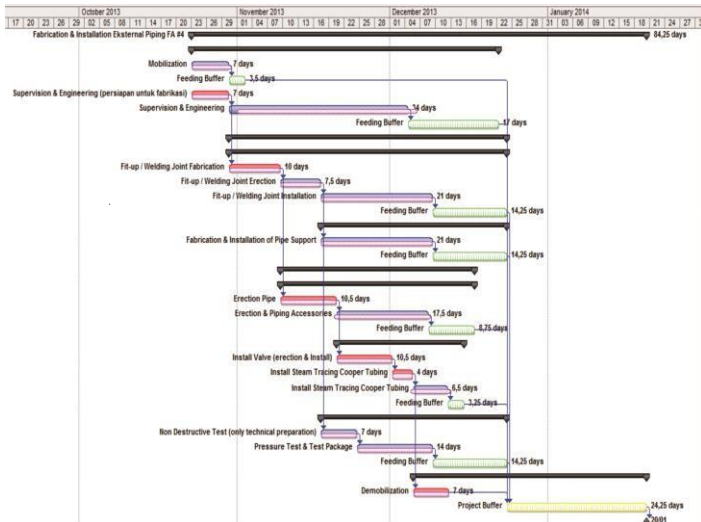
No	Task Name	Duration (Hari)	50%
1	<b><i>Fabrication &amp; Installation Ekternal Piping FA #4</i></b>		
4	- Supervision & Engineering (persiapan untuk fabrikasi)	7	
5	- Fit-up / Welding Joint Fabrication	10	
6	- Erection Pipe	10,5	
8	- Instal Valve (erection & instal)	10,5	
9	- Instal Steam Tracing Cooper Tubing	4	
10	- Demobilization	7	
	<i>Project Buffer</i>		24,5

Besarnya *feeding buffer* sama dengan perhitungan *project buffer* sebagai contoh perhitungan, dimana besarnya *feeding buffer* pada *fit-up / welding joint* adalah 50% dari durasi/waktu keseluruhan pelaksanaan pekerjaan yang berada pada lintasan tidak kritis, maka :

$$\begin{aligned}
 \text{Feeding Buffer} &= \sum \text{durasi} \times 50\% \\
 &= 21 \times 50\% \\
 &= 10,5
 \end{aligned}$$

No	Task Name	Duration (Hari)	50%
	<b><i>Fabrication &amp; Installation Ekternal Piping FA #4</i></b>		
1	- Mobilization	7	-
	<i>Feeding Buffer</i>		3,5
2	- Supervision & Engineering	34	
	<i>Feeding Buffer</i>		17
3	- Fit-up / Welding Joint Erection	7,5	
	- Fabrication & Installation of Pipe Support	21	
	<i>Feeding Buffer</i>		14,25
4	- Fit-up / Welding Joint Erection	7,5	
	- Fit-up / Welding Joint Installation	21	
	<i>Feeding Buffer</i>		14,25
5	- Erection & Piping Accessories	17,5	
	<i>Feeding Buffer</i>		8,75
6	- Instal Steam Tracing Cooper Tubing	6,5	
	<i>Feeding Buffer</i>		3,25
7	- Fit-up / Welding Joint Erection	7,5	
8	- Non Destructive Test (only technical preparation)	7	
9	- Pressure Test & Test Package	14	
	<i>Feeding Buffer</i>		14,25

Dari pengaplikasian metode CCPM pada *microsoft project* didapatkan hasil waktu durasi pada penjadwalan CCPM ini adalah selama 84,25 hari atau 84 hari kerja. Langkah berikutnya adalah untuk memastikan pekerjaan selesai tepat pada waktunya maka diperlukan penempatan *buffer* sumber daya pada pekerjaan yang menjadi skala prioritas yang pekerjaan yang dapat mempengaruhi waktu pelaksanaan proyek secara global (rantai kritis). Gambar permodelan dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 8 Diolah Dari Microsoft Project bentuk permodelan untuk pekerjaan yang telah diberi feeding buffer dan project buffer

Estimasi Biaya CCPM

Estimasi biaya yang akan dibahas pada penjadwalan CCPM yaitu hanya pada estimasi biaya untuk upah tenaga kerja & biaya peralatan karena biaya tersebut akan berimbas pada perbedaan biaya yang berhubungan dengan durasi waktu pelaksanaan dan selebihnya tetap sama karena tidak berkaitan dengan waktu. Berikut ini adalah perhitungan estimasi biaya dari penjadwalan CCPM :

Tabel 5 Estimasi biaya tenaga kerja awal

No	Tenaga Kerja	Jumlah Pekerja	Upah/Hari (Rp)	Durasi Pekerjaan (Hari)	Jumlah (Rp)
A	<b>Mobilization &amp; Demobilization</b>				
1	Tenaga	6	76.0	7	8.33

	<b>Mobilization</b>		00,-		0.31
2	Tenaga Demobilization	6	76.0	7	8.33
B	<b>Supervision &amp; Engineering</b>		00,-		0.31
1	Tenaga Check Line	4	76.0	41	15.8
C	<b>Piping Work</b>		00,-		89.5
1	Welder Piping	11	136.000,000,-	38,5	74.4
2	Helper Piping	11	76.000,-	38,5	53.2
3	Pipe Fitter 1	11	100,000,-	38,5	70,-
4	Pipe Fitter 2	11	76.000,-	38,5	41.6
D	<b>Pipe Support Work</b>				
1	Welder Plat	1	120.000,-	2	3.8
2	Helper	1	76.000,-	2	1.4

					8
					5,
					-
3	Fitter 1	1	100.000,-	21	3.2
					2
					2
					6.
					8
					2
					2,
					-
4	Fitter 2	2	76.000,-	21	4.9
					0
					4.
					7
					7
					0,
					-
<b>E</b>	<b>Erection</b>				
1	Operator (Truck Mobile Crane)	1	160.000,-	28	6.28
					2.91
					6,-
2	Rigger (Truck Mobile Crane)	1	120.000,-	28	4.71
					2.18
					7,-
3	Helper Rigger (Truck Mobile Crane)	1	76.000,-	28	2.98
					4.38
					5,-
4	Operator Bum Truck	1	88.000,-	28	3.45
					5.60
					4,-
5	Scaffolder	6	76.000,-	28	17.9
					06.3
					12,-
<b>F</b>	<b>Install Piping Accessories</b>				
1	Tenaga Install Valve	4	76.000,-	10,5	6.61
					7.54

					1,-
2	Tenaga Install Steam Treacing	4	76.000,-	10,5	6.61
					7.54
					1,-
<b>G</b>	<b>Non Destructive Test</b>				
1	Tenaga Non Destructive Test	3	76.000,-	7	4.16
					5.15
					6,-
<b>H</b>	<b>Pressure Test (Tim Hydrotest)</b>				
1	Foreman	1	120.000,-	14	3.03
					2.18
					7,-
2	Helper	4	76.000,-	14	7.68
					1.54
					1,-
				<i>Total</i>	322.872.507,-

(Sumber : Dokumen Proyek)

Dari perhitungan pada tabel diatas didapatkan hasil perhitungan estimasi biaya untuk upah tenaga kerja pada penjadwalan CCPM ini adalah sebesar Rp 322.872.507.

Pada CCPM terdapat *buffer* yang merupakan pelindung aktivitas dari keterlambatan. Tidak menutup kemungkinan bahwa *buffer* akan termakan yang tentunya akan pasti menimbulkan biaya tambahan. Setelah menghitung estimasi biaya CCPM awal, selanjutnya adalah menghitung biaya untuk *buffer*. total biaya *buffer* nantinya akan ditambahkan dengan estimasi biaya upah tenaga kerja awal untuk mendapatkan estimasi biaya total. Berikut ini adalah contoh perhitungan biaya *buffer* dengan dilakukan pembobotan sesuai durasi pekerjaan yang dapat dilihat ditabel berikut :

Tabel 6 : Estimasi biaya tenaga kerja CCPM

No	Tenaga Kerja	Durasi	Bobot	Estimasi Biaya CCPM
			(%)	(Rp)
<b>A Mobilization &amp; Demobilization</b>				
1	Tenaga Mobilization	7,0	50,00	8.330.313
2	Tenaga Demobilization	7,0	50,00	8.330.313
		14,0	100,00	
<b>B Supervision &amp; Engineering</b>				
1	Supervision & Engineering (persiapan Fabrikasi)	7,0	17,07	2.712.848
2	Supervision & Engineering	34,0	82,93	13.176.693
		41,0	100,00	

Dari perhitungan biaya *buffer* diatas didapatkan hasil untuk biaya *buffer* sebesar Rp. 322.872.507 sehingga estimasi biaya untuk upah tenaga kerja adalah :

$$\begin{aligned}
 &\text{Estimasi Biaya} = \text{estimasi biaya awal} \\
 &+ \text{estimasi biaya } \textit{buffer} \\
 &= \text{Rp. } 322.872.507 + \\
 &\text{Rp. } 322.872.507 \\
 &= \text{Rp. } 645.745.014,-
 \end{aligned}$$

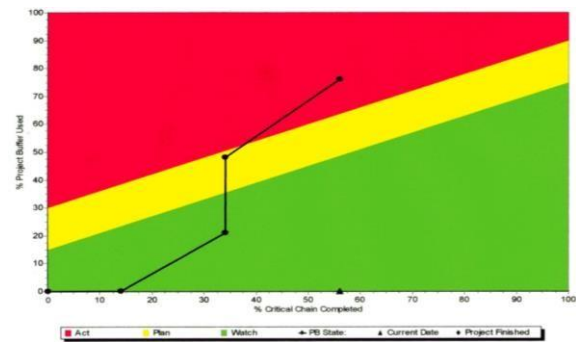
Pengukuran dan monitoring kinerja

Pengukuran kinerja ini dilakukan berdasarkan *summary progress report* sebagaimana terlampir,

$$\text{Prestasi } (\%) = \frac{\text{Volume yang telah diselesaikan}}{\text{Volume pekerjaan keseluruhan}} \times 100\%$$

Progress pelaksanaan supervision & engineering (persiapan fabrication) memakan waktu 7 hari dari 7 hari yang direncanakan. Progress pekerjaan Fit-up / Welding Joint memakan waktu pelaksanaan 21 hari dari 10 hari yang direncanakan, dengan 2.033 d-inch di minggu kedua, 2.196 d-inch di minggu ketiga, dan 2.709 d-inch di minggu keempat, maka dapat dihitung bahwa konsumsi buffer proyek pada pekerjaan Fit-up / Welding Joint Fabrication sebesar 11 hari atau 28,17 % dari volume pekerjaan, hal ini mempengaruhi waktu mulai pekerjaan berikutnya menjadi terlambat. Sehingga

progress pekerjaan Erection Pipe memakan waktu pelaksanaan 14 hari dari 10,5 hari waktu yang direncanakan, atau 30.736 kg pada minggu ke enam sehingga prestasi pekerjaan tersebut sebesar 7,78 % dan pemakaian buffer adalah sebesar 3,5 hari.



Gambar 9 Grafik Diolah dari Microsoft Project Indikasi Zona pada konsumsi buffer

Dari hasil analisa penetrasi buffer telah mencapai 76% Hal ini mengindikasikan pemakaian buffer proyek sudah memasuki zona merah.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan data dan analisis yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Penjadwalan dengan metode *critical chain project management* dapat mengoptimalkan

pelaksanaan proyek karena dapat menghilangkan waktu tunggu dengan memotong/menghilangkan waktu pengaman pada setiap pekerjaan, hal ini dapat dilakukan karena dalam pelaksanaan aktual kebutuhan waktu pengaman tidak selalu sama terkadang pada pekerjaan tertentu bisa lebih cepat dari yang direncanakan (menurunkan *Student Syndrome* dan *Parkinson's Law*) sehingga dengan pemindahan waktu pengaman pada setiap pekerjaan di akhir jaringan dapat lebih efektif dalam perencanaan dan pengendalian jadwal.

2. Hasil dari pengembangan jadwal dengan menggunakan metode *Critical Chain Project Management* didapatkan durasi optimal sebesar 84,25 hari kerja sudah termasuk *buffer time* dari sebelumnya 90 hari kerja waktu yang telah ditentukan.
3. Dalam mengukur kinerja, metode *critical chain project management* dapat mengungkapkan dan mendeteksi penyimpangan sedini mungkin sehingga hal ini dapat menjadi solusi dalam mengatasi ketidakpastian waktu yaitu dengan memonitor penetrasi *buffer*, agar kinerja waktu proyek dapat dikendalikan dan menjaga proyek agar tetap pada jalurnya.

Mario. Vanhoucke, (2012), **Sizing CC/BM buffers: The cut and paste method**, <http://www.PM Knowledge Center.com>

PMI, (2008), *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)* 4 Edition, Project Management Institute.

Rizki Nurannisa heryanti, (2012), **Analisa Penerapan Critical Chain Project Management Pada Proyek Pembangunan Rusunawa Kediri**, [http://etd.ugm.ac.id/index.php?mod=penelitian\\_detail&sub=PenelitianDetail&act=view&typ=html&buku\\_id=55910&obyek\\_id=4](http://etd.ugm.ac.id/index.php?mod=penelitian_detail&sub=PenelitianDetail&act=view&typ=html&buku_id=55910&obyek_id=4).

Diakses : Nov 2013

Richard E. Zultner, **Getting Project Out of Your System: A Critical Chain Primer**, Cutter IT Journal, 2003, Vol 16, page 3, 13

Soeharto, I (1997), *“Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional”*, Erlangga, Jakarta.

Santosa, B (2009), *“Manajemen Proyek Konsep dan Implementasi”*, Edisi Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Winda Desi Kurniawati, (2010) **Critical Chain Project Management (CCPM) Untuk Mengatasi Ketidakpastian Dan Keterbatasan Sumber Daya Pada Sebuah Proyek**.<http://eprints.undip.ac.id/7239/>  
Diakses : Nov 2013

## DAFTAR PUSTAKA

- Budisuanda, (2011), **rumitnya proyek EPC**, (Online), (<http://www.manajemenproyekindonesia.com/?p=884>, diakses 9 Oktober 2013).
- BOB Futrell, PMP, **Critical Chain Scheduling for Project Management**, Austin SPIN, 2001, standish group survey results at <http://www.standishgroup.com>
- Clifford F. Gray, Erik W. Larson, (2007), *Manajemen Proyek Proses Manajerial*, Edisi 3, ANDI, Yogyakarta.
- Larry P. Leach, (1997), *Critical Chain Project Management Improves Project Performance*, Advanced Project Institute.