

## **Perencanaan Ulang dan Pengendalian Produk *Heat Exchanger* Menggunakan Metode *Critical Path Method* dan Penunjang *Microsoft Project* Di PT. Marvin Mas Teknik**

Kesuma Adi Jaya<sup>1</sup>, Nurul Umami<sup>2</sup>, Evi Febianti<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Kesumaadi.jaya@rocketmail.com<sup>1</sup>, nurul.ummi@untirta.ac.id<sup>2</sup>, evifebianti@ft-untirta.ac.id<sup>3</sup>

### **ABSTRAK**

Setiap perusahaan baik perusahaan persero maupun perseorangan tentunya mempunyai tujuan untuk mendapatkan laba seoptimum mungkin dari usaha yang bersangkutan dan menyelesaikan pekerjaan sesuai jadwal yang telah ditentukan. unsur yang tidak kalah penting dari berhasilnya suatu pengiriman bahan baku, dan yang lebih utama adalah menciptakan rasa puas bagi pemesan baik kualitas, biaya atau waktunya. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui aktivitas-aktivitas apa saja yang merupakan aktivitas kritis pada proses pengerjaan proyek *Heat Exchanger* pesanan PT. XYZ dan berapa biaya yang ditimbulkan pada pengerjaan proyek *Heat Exchanger* dengan durasi pengerjaan awal dan percepatan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode CPM dan peneliti menggunakan aplikasi software *Microsoft Project* sebagai penunjangnya. CPM adalah merupakan analisa jaringan kerja yang berusaha mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan waktu penyelesaian total proyek yang bersangkutan. *Microsoft Project* dirancang untuk membantu manajer proyek dalam mengembangkan rencana, menetapkan sumber daya untuk tugas-tugas, pelacakan kemajuan, mengelola anggaran dan menganalisis beban kerja. Aktivitas kritis dengan menggunakan metode CPM dan *Software Ms. Project 2007* adalah 17 aktivitas dalam waktu 65 hari. Biaya yang ditimbulkan pada pengerjaan proyek *Heat Exchanger* untuk kondisi awal yaitu sebesar Rp 108.623.550, sedangkan untuk kondisi percepatan ditambah dengan biaya lembur tenaga kerja yaitu sebesar Rp 130.851.210.

Kata kunci : Aktivitas Kritis, CPM, *Microsoft Project 2007*

### **ABSTRACT**

Every good company-owned and private companies must have a specific purpose. In general, the goal of the company is to make a profit may seoptimum of business concerned and completing the work according to a predetermined schedule. no less important element of the success of a shipment of raw materials, and it is more important is to create a sense of satisfaction for both buyer-quality, cost or time. The purpose of this study was to determine any activities that are critical to the activity of the project *Heat Exchanger* order PT. XYZ and how the costs incurred on the project *Heat Exchanger* with initial construction duration and acceleration. The method used in this research is the method of CPM and researchers using *Microsoft Project* software application as supporting. CPM is a network analysis that seeks to optimize the total project cost through the reduction of total project completion time is concerned. *Microsoft Project* is designed to assist project managers in developing plans, assign resources to tasks, tracking progress, managing budgets and analyzing workload. Critical activity using CPM and *Software Ms. Project 2007* was 17 activities within 65 days. Costs incurred on the project *Heat Exchanger* for initial conditions which amounted to Rp 108 623 550, while for acceleration conditions coupled with overtime labor costs in the amount of USD 130 851 210.

Keywords: *Critical Path*, CPM, *Microsoft Project 2007*

## PENDAHULUAN

Marvin Mas Teknik merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang *general contractor, maintenance general supplier, pump, compressor* dan *over haul*. Produk yang dihasilkan oleh perusahaan PT Marvin Mas Teknik yaitu *Pressure Vessel, Heat Exchanger, Storage Tank* dan lain-lain. Pada penelitian ini akan membahas tentang pekerjaan *Heat Exchanger* yang saat ini sedang berjalan. Permasalahan yang dihadapi saat ini adalah Pemilik barang *Heat Exchange* yaitu PT. Multi Fabrindo Gemilang ingin melakukan perubahan jadwal pengerjaan kepada PT. Marvin Mas Teknik yang pada awalnya PT. Multi Fabrindo Gemilang menginginkan proses pengerjaan ini harus dapat di selesaikan 65 hari, kemudian PT. Multi Fabrindo Gemilang meminta kepada PT. Marvin Mas Teknik pada pengerjaan *Heat Exchanger* ini harus dapat menyelesaikan selama 57 hari, dengan perubahan waktu penyelesaian tersebut PT. Marvin Mas Teknik harus melakukan perubahan jadwal kegiatan untuk dapat mengejar perubahan waktu penyelesaian yang di minta oleh pemilik barang. Pada pengerjaan proyek *Heat Exchanger* ini perusahaan hanya menggunakan *tools Gantt Chart*. Pada penelitian ini peneliti berusaha membuat perbaikan jadwal dengan menggunakan Metode Jalur Kritis atau sering disebut juga *Critical Path Method (CPM)* dan selain itu peneliti menggunakan aplikasi *software Microsoft Project* sebagai penunjangnya. Dengan keduanya ini kita dapat mengetahui lebih mendetail tentang waktu pengerjaan dan biaya pengerjaan mana yang harus mendapat perhatian lebih karena apabila item pekerjaan tersebut mengalami keterlambatan maka akan mempengaruhi item pekerjaan yang lain. Metode *Critical Path Method (CPM)* itu sendiri adalah suatu metode perencanaan dan pengendalian proyek-proyek yang merupakan sistem yang paling banyak digunakan diantara semua sistem yang memakai prinsip pembentukan jaringan (Mulyanah, 2013). Dengan *Critical Path Method (CPM)*, jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan berbagai tahap suatu proyek dianggap diketahui dengan pasti, demikian pula hubungan antara sumber yang digunakan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Jadi *Critical Path Method (CPM)* merupakan analisa jaringan kerja yang berusaha mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan waktu penyelesaian total proyek yang bersangkutan.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dimulai dari melakukan studi lapangan bertujuan untuk mengetahui latar belakang permasalahan yang sedang dihadapi oleh perusahaan. Setelah memahami permasalahan yang terjadi, peneliti melakukan peninjauan langsung untuk memperoleh data yang sesuai dengan

masalah yang dijadikan objek penelitian, setelah itu Studi literatur yang digunakan sebagai acuan dalam menyelesaikan permasalahan yang dibahas, dalam hal ini termasuk teori-teori yang terkait. Untuk selanjutnya perumusan masalah, dalam perumusan masalah agar penelitian ini dapat menjadi lebih fokus dan terarah sehingga pemecahan masalah dapat dilakukan dengan lebih baik, dari perumusan masalah tersebut kemudian dijadikan tujuan dari penelitian yang dilakukan, dan menentukan batasan masalah untuk memfokuskan penelitian yang dilakukan sehingga penelitian tidak keluar dari tujuan penelitian yang akan dilakukan. Pengumpulan data dilakukan secara langsung untuk mengumpulkan data mengenai proses pembuatan *Heat Exchanger* dari awal hingga akhir pada PT. Marvin Mas Teknik sebagai bahan acuan dalam pembuatan Tugas Akhir dan mengumpulkan data proses pembuatan, jumlah karyawan yang terlibat, dan harga-harga material atau bahan baku. Setelah data pengolahan didapat kemudian melakukan perhitungan dan pengolahan pada kondisi awal kemudian melakukan pembuatan *Network Diagram* pada saat kondisi awal dimana berfungsi untuk mengetahui jaringan yang menunjukkan sifat kritis pada proyek *Heat Exchanger* untuk kondisi awal, kemudian dari hasil *Network Diagram* yang telah dibuat sehingga mendapatkan nilai jalur kritis maka untuk proses berikutnya yang akan dikerjakan ialah pembuatan *scheduling* atau bagan *ganttt chart* yang dimana aktifitas kegiatan bisa diketahui dari proses mulai hingga selesai dari setiap pekerjaan yang ada. Perhitungan jalur kritis ialah dimana dalam perhitungan tersebut sangat berhubungan dengan *network diagram* yang sebelumnya dikerjakan sehingga mendapatkan hasil nilai jalur kritis yang diperolehnya. Pada perhitungan jalur kritis ini menggunakan perhitungan maju dan mundur yang akan diketahui dari jalur kritis dan kegiatan-kegiatan dengan total *float* sama dengan nol, dan juga akan diketahui kegiatan-kegiatan yang boleh ditunda dimana besarnya penundaan dapat dilihat pada nilai total *float*. setelah melakukan perhitungan total *float* maka akan didapat jalur kritis yang akan diketahui, kemudian membuat perhitungan CPM kondisi awal dengan menggunakan *software Ms. Project 2007*. Hal ini dilakukan untuk memperkuat hasil perhitungan CPM kondisi awal secara perhitungan manual dengan menggunakan *software*. Dari hasil kegiatan yang sudah diperoleh maka proses selanjutnya ialah mencari biaya dimana biaya tersebut harus membutuhkan data-data seperti uraian kegiatan proses, upah tenaga kerja karyawan, serta alokasi tenaga kerja per aktifitas.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Langkah yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pengumpulan data. Dan data yang digunakan ialah uraian kegiatan proses pengerjaan *Heat Exchanger*, bahan baku material dan biaya tenaga kerja karyawan serta alokasi tenaga kerja per-aktifitas atau kegiatan. Adapun data-data yang dibutuhkan sebagai berikut :

Tabel 1 Uraian kegiatan dan Durasi Kegiatan.

No	Simbol	Jenis Kegiatan	Aktivitas Pendahulu	Waktu Awal (hari)	Waktu Percepatan (hari)
1	A	Persiapan	-	1	
2	B	Design	A	7	
3	C	Client Approval	B	10	7
4	D	Inspeksi Material	C	2	
<b>Proses Pembuatan Shell</b>					
5	E	Pola & Ukur + Mark & Cut	D	3	
6	F	Proses Pelubangan untuk Nozzle + Ring	E	2	
7	G	Welding Expansion Join ke Shell	F	3	
8	H	Finishing	G	1	
<b>Proses Pembuatan Saddle ( Weir Plate, Web Plate, Rib Plate, Base Plate )</b>					
9	I	Pola & Ukur + Mark & Cutt Plate Thk.10	D	3	
10	J	Welding + Drilling	I	4	
11	K	Inspection ( QC )	J	1	
12	L	Finishing	K	3	
<b>Proses Pembuatan External Shell</b>					
13	M	Pola & Ukur + Mark & Cutt	D	3	
14	N	Welding Con. Reducer ke Flange	M	5	
15	O	Welding Nozzle Flange & N.P Bracket	N	5	
16	P	Inspection ( QC )	O	1	
17	Q	Finishing	P	2	
<b>Proses Pembuatan Tube Bundel</b>					
18	R	Pola & Ukur + Mark & Cutt	D	15	10
19	S	Perakitan Komp. Tube Bundel	R	3	
20	T	Expand	S	1	
21	U	Welding Tube Sheet	T	2	
22	V	Inspection ( QC )	U	1	
23	W	Fit up 1 ( Perakitan Shell + Saddle )	HL	3	
24	X	Fit up 2 ( Perakitan Fit up 1 + External Shell )	W,Q	3	
25	Y	Fit up 3 ( Perakitan Fit up 2 + Tube Bundel )	X,V	3	1
26	Z	Inspeksi Welding	Y	2	
27	AA	Hydrotest	Z	1	
28	AB	Sandblasting & Painting	AA	2	
29	AC	Inspeksi Finishing	AB	1	
29	AD	Shipping ( Kalimantan )	AC	14	
Total Durasi				65	57

Data uraian kegiatan tersebut dimana diperoleh dari perusahaan yang sudah ditentukan, uraian kegiatan diatas itu ialah data uraian pada saat kondisi awal. Adapun data-data selanjutnya sebagai berikut :

**Biaya Proyek**

Biaya proyek adalah jumlah uang yang dikeluarkan perusahaan untuk mendapatkan sumber-sumber guna menyelesaikan seluruh kegiatan pada proyek. Biaya proyek terdiri dari biaya langsung dan biaya tak langsung. Biaya langsung didapat dari penjumlahan biaya bahan langsung dan biaya tenaga kerja tak langsung.

Atau dengan rumus :

$$Biaya\ proyek = Biaya\ bahan + Biaya\ tenaga\ kerja\ langsung + Biaya\ tak\ langsung.$$

**1. Biaya Langsung**

Tabel 2 Harga Bahan Baku / Material

No	Nama Material	Ukuran	Satuan	Jumlah	Harga Satuan	Total Harga
1	PIPE	8" SCH. 120 x 6000 LG	Batang	1	Rp 8,900,000.00	Rp 8,900,000.00
2	PIPE	3/8" SCH. 40 x 6000 LG	Batang	1	Rp 1,050,000.00	Rp 1,050,000.00
3	PIPE	2" SCH. 160 x 300 LG	Batang	1	Rp 1,440,000.00	Rp 1,440,000.00
4	FLANGE	4" ANSI 600# WN.RF SCH. XXS	EA	2	Rp 810,000.00	Rp 1,620,000.00
5	FLANGE	2" ANSI 600# WN.RF SCH. XXS	EA	2	Rp 495,000.00	Rp 990,000.00
6	BLIND FLANGE (For TubeSheet)	6" ANSI 300# BL.RF	EA	2	Rp 1,420,000.00	Rp 2,840,000.00
7	CONCENTRIC REDUCER	8" x 4" SCH. XXS	EA	2	Rp 2,588,000.00	Rp 5,176,000.00
8	TUBING	25.4 x 2.11 THK (BWG 16) x 6100 LG	Batang	15	Rp 520,800.00	Rp 520,800.00
9	ROUND BAR	RB Ø 10 x 6000 LG	Batang	1	Rp 88,000.00	Rp 88,000.00
10	NUT	M. 10	Pcs	10	Rp 1,600.00	Rp 16,000.00
11	PLATE	PL. 6 THK 1209 x 2410	Lembar	1	Rp 1,190,000.00	Rp 1,190,000.00
12	PLATE	PL. 10 THK 1219 x 2438	Lembar	1	Rp 1,970,000.00	Rp 1,970,000.00
13	PLATE	PL. 16 THK	Lembar	1	Rp 2,150,000.00	Rp 2,150,000.00
14	MATERIAL SUPPORT	For Expander	Sets	1	Rp 3,000,000.00	Rp 3,000,000.00
15	ELBOW	2" SCH.160	EA	1	Rp 290,000.00	Rp 290,000.00
16	NAME PLATE	1 THK	EA	1	Rp 900,000.00	Rp 900,000.00
17	Expansion Joint	-	Pc	1	Rp 20,000,000.00	Rp 20,000,000.00
18	CONSUMABLE	ALL	-	-	Rp 967,000.00	Rp 967,000.00
<b>TOTAL</b>						Rp 53,187,800.00

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

Tabel 3. Upah / Gaji Tenaga Kerja perhari

No	Jenis Pekerjaan	Harga /Jam	Satuan Kerja	Harga Satuan / Hari
1	Project Officer	Rp 17,000	8 Jam/Hari	Rp 136,000.00
2	Engineering	Rp 17,000	8 Jam/Hari	Rp 136,000.00
3	PPIC	Rp 17,000	8 Jam/Hari	Rp 136,000.00
4	Quality Control	Rp 17,000	8 Jam/Hari	Rp 136,000.00
5	Leader	Rp 17,000	8 Jam/Hari	Rp 136,000.00
6	Fitter 1	Rp 16,300	8 Jam/Hari	Rp 130,400.00
7	Fitter 2	Rp 16,300	8 Jam/Hari	Rp 130,400.00
8	Fitter 3	Rp 16,300	8 Jam/Hari	Rp 130,400.00
9	WELDER GTAW/FCAW I	Rp 16,000	8 Jam/Hari	Rp 128,000.00
10	WELDER GTAW/FCAW II	Rp 16,000	8 Jam/Hari	Rp 128,000.00
11	WELDER GTAW/FCAW III	Rp 16,000	8 Jam/Hari	Rp 128,000.00
10	Helper 1	Rp 15,900	8 Jam/Hari	Rp 127,200.00
11	Helper 2	Rp 15,900	8 Jam/Hari	Rp 127,200.00
12	Helper 3	Rp 15,900	8 Jam/Hari	Rp 127,200.00
12	Painter	Rp 15,900	8 Jam/Hari	Rp 127,200.00
13	Blaster	Rp 15,900	8 Jam/Hari	Rp 127,200.00

Upah lembur dihitung tiap hari kerja yang disesuaikan dengan jabatan pekerjaan masing-masing pekerja. waktu lembur dihitung mulai dari

pukul 17.00 lebih sampai dengan pukul 23.00. Apabila pengerjaan *Heat Exchanger* sampai dengan pukul 23.00 maka waktu pengerjaannya mencapai 19,5 jam per hari.

Tabel 4. Upah / Gaji Tenaga Kerja Lembur perhari

No	Jenis Pekerjaan	Harga /Jam	Satuan Kerja	Harga Satuan / Hari
1	Project Officer	Rp 17,000	19,5 jam/Hari	Rp 331,500.00
2	Engineering	Rp 17,000	19,5 jam/Hari	Rp 331,500.00
3	PPIC	Rp 17,000	19,5 jam/Hari	Rp 331,500.00
4	Quality Control	Rp 17,000	19,5 jam/Hari	Rp 331,500.00
5	Leader	Rp 17,000	19,5 jam/Hari	Rp 331,500.00
6	Fitter 1	Rp 16,300	19,5 jam/Hari	Rp 317,850.00
7	Fitter 2	Rp 16,300	19,5 jam/Hari	Rp 317,850.00
8	Fitter 3	Rp 16,300	19,5 jam/Hari	Rp 317,850.00
9	WELDER GTAW/FCAW I	Rp 16,000	19,5 jam/Hari	Rp 312,000.00
10	WELDER GTAW/FCAW II	Rp 16,000	19,5 jam/Hari	Rp 312,000.00
11	WELDER GTAW/FCAW III	Rp 16,000	19,5 jam/Hari	Rp 312,000.00
10	Helper 1	Rp 15,900	19,5 jam/Hari	Rp 310,050.00
11	Helper 2	Rp 15,900	19,5 jam/Hari	Rp 310,050.00
12	Helper 3	Rp 15,900	19,5 jam/Hari	Rp 310,050.00
12	Painter	Rp 15,900	19,5 jam/Hari	Rp 310,050.00
13	Blaster	Rp 15,900	19,5 jam/Hari	Rp 310,050.00

Tak hanya waktu normal, pada perusahaan ini pun memiliki waktu lembur untuk pengerjaan 1 unit *Heat Exchanger*. Waktu lembur digunakan suatu waktu, apabila memang diperlukan untuk mempercepat pekerjaan dan ketepatan jadwal pengiriman. Upah / Gaji tenaga kerja digunakan untuk mengukur nilai ekonomi proyek. Untuk pembagian upah / gaji tenaga kerja pada perusahaan ini dilakukan setiap akhir bulan yaitu pada tanggal 28

**2. Biaya Tak Langsung**

Biaya tak langsung dapat dinyatakan keterikatannya dalam kegiatan antara lain eksploitasi 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.(Soeharto ; 1997).

**Alokasi Tenaga Kerja**

Sistem pengalokasian dan jumlah tenaga kerja tiap aktivitas diperoleh dari perencanaan dan pengendalian jadwal proyek yang telah dibuat oleh PT. MARVIN MAS TEKNIK. Alokasi tenaga kerja pada proyek pengerjaan 1 unit *Heat Exchanger*

Tabel 5. Alokasi Tenaga Kerja Kondisi Normal

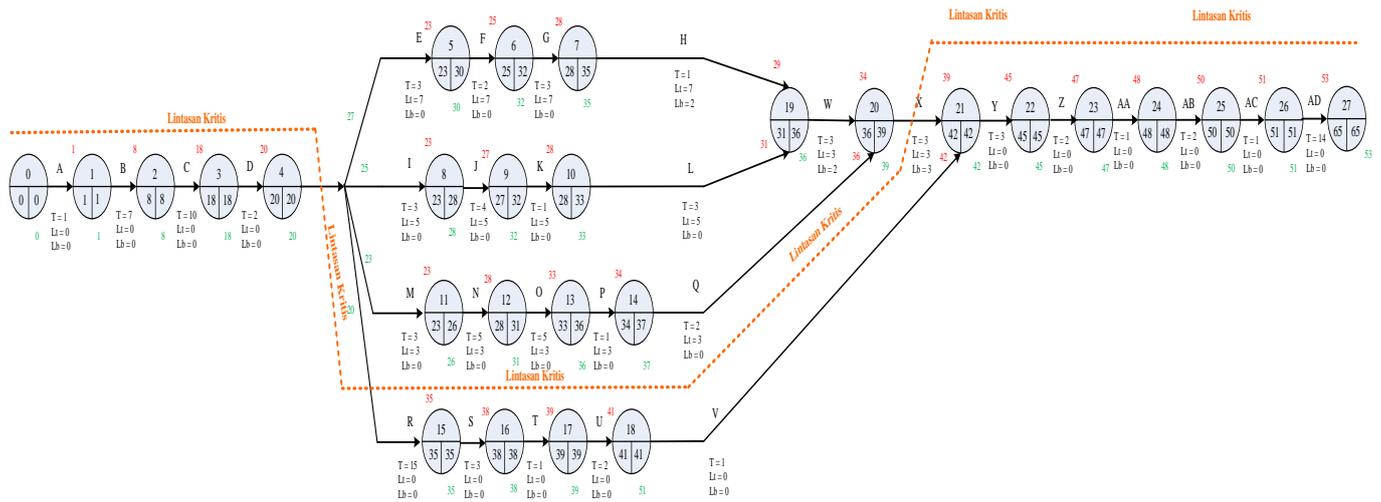
No	Jenis Kegiatan	Waktu (hari)	Proj. Off	Eng	PPIC	Quality	Leader	Fitter	WELDER GTAW/FCAW	Helper	Painter	Blaster
1	Perisipan	1	Project Officer	Engineering	PPIC	Quality Control	Leader					
2	Design	7	Project Officer	Engineering								
3	Client Approval	10	Project Officer	Engineering								
4	Inspeksi Material	2	Project Officer	Engineering	PPIC	Quality Control						
Proses Pembuatan Shell												
5	Phis & Ular - Mark & Cut	3						Fitter 1		Helper 1		
6	Proses Pembuatan Nuzul - Ring	2						Fitter 1		Helper 1		
7	Welding Expansion Joint ke Shell	3						Fitter 1	WELDER GTAW/FCAW II	Helper 1		
8	Finishing	1				Quality Control			WELDER GTAW/FCAW II	Helper 1		
Proses Pembuatan Saddle (Wear Plate, Web Plate, Rib Plate, Base Plate)												
9	Phis & Ular - Mark & Cut Plate T&H	3						Fitter 2		Helper 2		
10	Welding - Drilling	4						Fitter 2	WELDER GTAW/FCAW II	Helper 2		
11	Inspection (QC)	1				Quality Control				Helper 2		
12	Finishing	3							WELDER GTAW/FCAW II	Helper 2		
Proses Pembuatan External Shell												
13	Phis & Ular - Mark & Cut	3						Fitter 3		Helper 3		
14	Welding Con. Reducer ke Flange	5						Fitter 3	WELDER GTAW/FCAW III	Helper 3		
15	Welding Nuzul Flange & N.P Bracket	5						Fitter 3	WELDER GTAW/FCAW III	Helper 3		
16	Inspection (QC)	1				Quality Control				Helper 3		
17	Finishing	2							WELDER GTAW/FCAW III	Helper 3		
Proses Pembuatan Tube Bundle												
18	Phis & Ular - Mark & Cut	15	Project Officer	Engineering	PPIC	Quality Control	Leader	Fitter 1		Helper 1		
19	Persiapan Komp. Tube Bundle	3			PPIC			Fitter 1	WELDER GTAW/FCAW II	Helper 1		
20	Equipul	1			PPIC			Fitter 1		Helper 1		
21	Welding Tube Sheet	2	Project Officer	Engineering	PPIC			Fitter 1	WELDER GTAW/FCAW II	Helper 1		
22	Inspection (QC)	1	Project Officer	Engineering	PPIC	Quality Control				Helper 1		
23	Fit up 1 (Persiapan Shell - Saddle)	3	Project Officer	Engineering	PPIC	Quality Control		Fitter 2	WELDER GTAW/FCAW II	Helper 2		
24	Fit up 2 (Persiapan Fit up 1 - External Shell)	3	Project Officer	Engineering	PPIC	Quality Control		Fitter 3	WELDER GTAW/FCAW III	Helper 3		
25	Fit up 3 (Persiapan Fit up 2 - Tube Bundle)	3	Project Officer	Engineering	PPIC	Quality Control		Fitter 1	WELDER GTAW/FCAW II	Helper 1		
26	Inspeksi Welding	2				Quality Control				Helper 1		
27	Hydrenes	1	Project Officer	Engineering	PPIC	Quality Control				Helper 1		
28	Southboring & Priming	2									Painter	Painter
29	Inspeksi Finishing	1			Engineering	Quality Control				Helper 1		
30	Shipping (Kirimannya)	14	Project Officer		PPIC							

Setelah data sudah dikumpulkan maka pada penelitian ini diasumsikan bahwa dalam pengerjaannya hanya mengerjakan proyek *Heat Exchanger*. Untuk memecahkan masalah penjadwalan pelaksanaan proyek yang akan di kerjakan terdapat dua kondisi yang akan digunakan yaitu :

1. Kondisi Normal
2. Kondisi Percepatan

**Penjadwalan pelaksanaan proyek pada saat kondisi normal.**

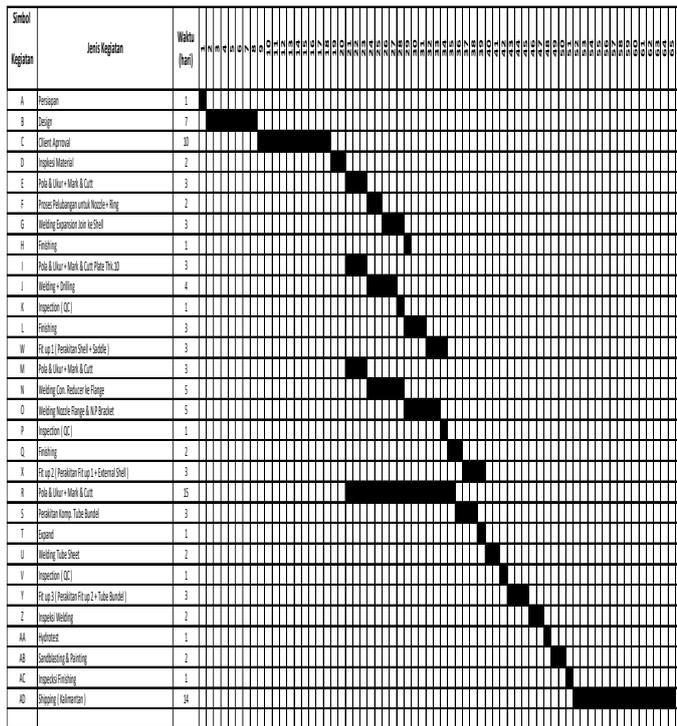
1. *Network Diagram* pada saat kondisi normal Sebagai dasar dari pembuatan bagan *gantt chart* dan perhitungan jaringan di gunakan data dari Tabel 1.



Gambar 1. Network Diagram Kondisi Normal

2. Bagan Gantt Chart

Bagan gantt proyek pembangunan menggambarkan atau berisi jadwal aktivitas dalam bar graph saat mulai dan saat selesai kegiatan yang ada. Untuk proses pengolahannya maka data yang diperhatikan adalah waktu lamanya tiap kegiatan dan ketergantungan antar aktivitas. Untuk bagan gantt dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. Gant Charti Kondisi Normal

3. Perhitungan jalur kritis

Dari perhitungan maju dan mundur ini akan diketahui jalur kritis dan kegiatan-kegiatan dengan total float sama dengan nol, dan juga akan diketahui kegiatan-kegiatan yang boleh ditunda

yang besarnya penundaan dapat dilihat pada nilai total float.

Tabel 6. Perhitungan maju mundur dan total float

Simbol	Jenis Kegiatan	Waktu (hari)	Paling Awal		Paling Akhir		Waktu Longgar		Ket
			Mulai (ES)	Selesai (EF)	Mulai (LS)	Selesai (LF)	Mulai (LB)	Selesai (LT)	
A	Persiapan	1	0	1	0	1	0	0	Kritis
B	Design	7	1	8	1	8	0	0	Kritis
C	Client Approval	10	8	18	8	18	0	0	Kritis
D	Inspeksi Material	2	18	20	18	20	0	0	Kritis
Proses Pembuatan Shell									
E	Pola & Ukur + Mark & Cutt	3	20	23	27	30	7	7	
F	Proses Pelubangan untuk Nozzle + Ring	2	23	25	30	32	7	7	
G	Welding Expansion Join ke Shell	3	25	28	32	35	7	7	
H	Finishing	1	28	29	35	36	7	7	
Proses Pembuatan Saddle									
I	Pola & Ukur + Mark & Cutt Plate Thk.10	3	20	23	25	28	5	5	
J	Welding + Drilling	4	23	27	28	32	5	5	
K	Inspection (QC)	1	27	28	32	33	5	5	
L	Finishing	3	28	31	33	36	5	5	
Proses Pembuatan External Shell									
M	Pola & Ukur + Mark & Cutt	3	20	23	23	26	3	3	
N	Welding Con. Reducer ke Flange	5	23	28	26	31	3	3	
O	Welding Nozzle Flange & N.P Bracket	5	28	33	31	36	3	3	
P	Inspection (QC)	1	33	34	36	37	3	3	
Q	Finishing	2	34	36	37	39	3	3	
Proses Pembuatan Tube Bundel									
R	Pola & Ukur + Mark & Cutt	15	20	35	20	35	0	0	Kritis
S	Perakitan Komp. Tube Bundel	3	35	38	35	38	0	0	Kritis
T	Expand	1	38	39	38	39	0	0	Kritis
U	Welding Tube Sheet	2	39	41	39	41	0	0	Kritis
V	Inspection (QC)	1	41	42	41	42	0	0	Kritis
Y	Fit up 1 ( Perakitan Shell + Saddle )	3	31	34	36	36	5	2	5
X	Fit up 2 ( Perakitan Fit up 1 + External Shell )	3	36	39	39	42	3	3	
Z	Fit up 3 ( Perakitan Fit up 2 + Tube Bundel )	3	42	45	42	45	0	0	Kritis
AA	Hydrotest	2	45	47	45	47	0	0	Kritis
AB	Hydrotest	1	47	48	47	48	0	0	Kritis
AC	Sanblasting & Painting	2	48	50	48	50	0	0	Kritis
AD	Inspeksi Finishing	1	50	51	50	51	0	0	Kritis
AD	Shipping ( Kalimantan )	14	51	65	51	65	0	0	Kritis

4. Biaya kerja per-aktifitas

Dalam perhitungan biaya tenaga kerja dibutuhkan data-data seperti durasi kegiatan, upah tenaga kerja perhari, jumlah dan alokasi tenaga kerja per aktifitas atau kegiatan. Secara matematis perhitungan biaya tenaga kerja pada kondisi normal ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

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

Untuk lebih lengkapnya, perhitungan biaya tenaga kerja pada kondisi normal ini dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 7. Biaya tenaga kerja per-aktifitas kondisi normal

No	Jenis Kegiatan	Waktu (hari)	Proj. Off	Erg	PPC	Quality	Leader	Filter	Welder GTAW/FCAW	Helper	Painter	Blaster	Biaya Tenaga Kerja
1	Persiapan	1	1	1	1	1	1						Rp 680.000,00
2	Design	7	1	1									Rp 1.904.000,00
3	Client Approval	10	1	1									Rp 2.720.000,00
4	Inspeksi Material	2	1	1	1	1							Rp 1.088.000,00
Proses Pembuatan Shell													
5	Pola & Ukur + Mark & Cutt	3											Rp 772.800,00
6	Proses Pelubangan untuk Nozzle + Ring	2											Rp 515.200,00
7	Welding Expansion Joint ke Shell	3											Rp 1.156.800,00
8	Finishing	1											Rp 391.200,00
Proses Pembuatan Saddle (Wear Plate, Woc Plate, Rib Plate, Base Plate)													
9	Pola & Ukur + Mark & Cutt Plate Thk.10	3											Rp 772.800,00
10	Welding + Drilling	4											Rp 1.542.400,00
11	Inspection (QC)	1											Rp 263.200,00
12	Finishing	3											Rp 765.600,00
Proses Pembuatan External Shell													
13	Pola & Ukur + Mark & Cutt	3											Rp 772.800,00
14	Welding Con. Reducer ke Flange	5											Rp 1.928.000,00
15	Welding Nozzle Flange & N/P Bracket	5											Rp 1.928.000,00
16	Inspection (QC)	1											Rp 263.200,00
17	Finishing	2											Rp 510.400,00
Proses Pembuatan Tube Bundel													
18	Pola & Ukur + Mark & Cutt	15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Rp 14.954.000,00
19	Perakitan Komp. Tube Bundel	3											Rp 1.554.800,00
20	Expand	1											Rp 393.600,00
21	Welding Tube Sheet	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Rp 1.587.200,00
22	Inspection (QC)	1											Rp 263.200,00
23	Fit up 1 (Perakitan Shell + Saddle)	3											Rp 2.788.800,00
24	Fit up 2 (Perakitan Fit up 1 + External Shell)	3											Rp 2.788.800,00
25	Fit up 3 (Perakitan Fit up 2 + Tube Bundel)	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Rp 2.788.800,00
26	Inspeksi Welding	1											Rp 254.400,00
27	Hydrotest	1											Rp 671.200,00
28	Sandblasting & Painting	2											Rp 508.800,00
29	Inspection Finishing	1											Rp 399.200,00
30	Shipping ( Kalimantan )	14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Rp 3.808.000,00
Total Durasi Kerja Awal													65
Total Gaji Tenaga Kerja Normal													Rp 50.263.200,00

Contoh perhitungan :

$$Finishing = 1 \text{ Hari} * ((1Quality \text{ Control} * Rp 136.000) + (1Welder \text{ GTAW/FCAW} I * Rp 128.000) + (1Helper * Rp 127.200))) = Rp 391.200$$

Analisa dari penjadwalan pelaksanaan proyek pada kondisi awal :

- Dari *network diagram* kondisi normal pada gambar 4.1 maka dapat diketahui waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan proyek yaitu sebesar 65 hari. Waktu penyelesaian normal ini, mengalangi perubahan waktu penyelesaian yang diminta oleh pihak pertama.
- Pada bagan *ganttt* terdapat beberapa aktifitas yang memenuhi pekerjaannya pada saat yang sama yaitu pada pekerjaan pembuatan *Shell, Saddle, External Shell* dan *Tube Bundel*.
- Dari perhitungan maju dan mundur seperti pada Tabel 4.6 terdapat 15 kegiatan kritis yaitu suatu kegiatan dengan Tabel *float* = 0 dan ini berarti kegiatan tersebut harus dilakukan dan tidak bisa di tunda, karena apabila terjadi penundaan atau keterlambatan pada kegiatan kritis tersebut maka waktu penyelesaian proyek akan tertunda pula, kegiatan-kegiatan tersebut adalah :  
 Persiapan → *design* → *client approval* → *inspeksi material* → *pola & ukur + mark & cutting tube bundel* → *perakitan komp. tube bundel* → *expand tube bundel* → *welding tube sheet* → *inspection (QC) tube bundel* → *fit up 2 (perakitan fit up 1 + external sheet)* → *fit up 3 (perakitan fit up 2 + tube bundel)* → *inspeksi welding* → *hydrotest* → *sandblasting & painting* → *inspeksi finishing* → *shipping ke (kalimantan)*.
- Pada Tabel 4.7 yaitu biaya tenaga kerja pada tiap aktifitas menyelesaikan proyek tersebut dengan batasan waktu 65 hari, dengan jumlah

biaya tenaga kerja normal adalah Rp 50.263.200.

### Penjadwalan proyek pada saat kondisi percepatan

Pada kondisi awal proyek dapat selesai dalam kurun waktu 65 hari. Untuk itu 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 57 hari.

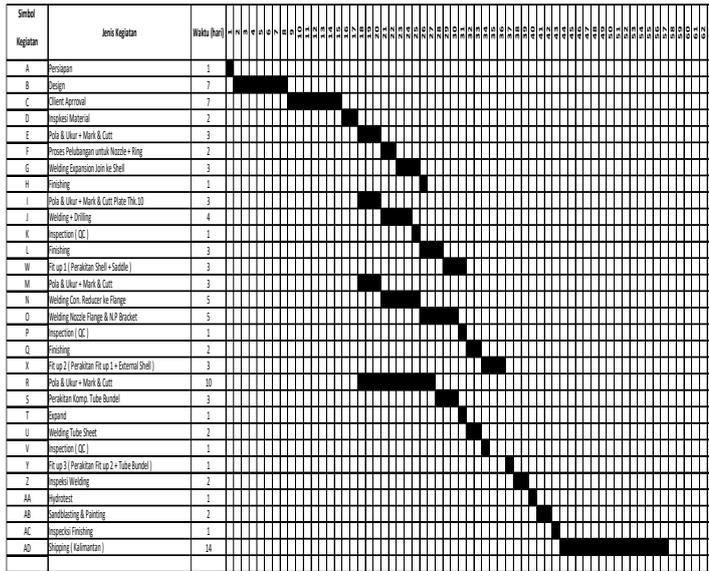
Tabel 8. Kerja lembur aktifitas proyek

No	Jenis Kegiatan	Waktu (hari)	Waktu Overtime (hari)	Waktu Lembur (hari)	Proj. Off	Erg	PPC	Quality	Leader	Filter	Welder GTAW/FCAW	Helper	Painter	Blaster	Biaya Tenaga Kerja
1	Persiapan	1													
2	Design	7													
3	Client Approval	10	7	3	1	1									Rp 3.891.000,00
4	Inspeksi Material	2													
Proses Pembuatan Shell															
5	Pola & Ukur + Mark & Cutt	3													
6	Proses Pelubangan untuk Nozzle + Ring	2													
7	Welding Expansion Joint ke Shell	3													
8	Finishing	1													
Proses Pembuatan Saddle (Wear Plate, Woc Plate, Rib Plate, Base Plate)															
9	Pola & Ukur + Mark & Cutt Plate Thk.10	3													
10	Welding + Drilling	4													
11	Inspection (QC)	1													
12	Finishing	3													
Proses Pembuatan External Shell															
13	Pola & Ukur + Mark & Cutt	3													
14	Welding Con. Reducer ke Flange	5													
15	Welding Nozzle Flange & N/P Bracket	5													
16	Inspection (QC)	1													
17	Finishing	2													
Proses Pembuatan Tube Bundel															
18	Pola & Ukur + Mark & Cutt	15	10	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Rp 30.852.000,00
19	Perakitan Komp. Tube Bundel	3													
20	Expand	1													
21	Welding Tube Sheet	2													
22	Inspection (QC)	1													
23	Fit up 1 (Perakitan Shell + Saddle)	3													
24	Fit up 2 (Perakitan Fit up 1 + External Shell)	3													
25	Fit up 3 (Perakitan Fit up 2 + Tube Bundel)	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Rp 5.482.400,00
26	Inspeksi Welding	1													
27	Hydrotest	1													
28	Sandblasting & Painting	2													
29	Inspection Finishing	1													
30	Shipping ( Kalimantan )	14													
Total Durasi Waktu Percepatan															57
Total Gaji Tenaga Kerja Normal															Rp 60.847.800,00

Tabel 9. Slope Biaya Kegiatan Dalam Jalur Kritis

Simbol	Jenis Kegiatan	Jalur Kritis	Durasi Awal (hari)	Durasi Percepatan (hari)	Slope Percepatan (hari)	Biaya Awal	Biaya percepatan	Slope Biaya
A	Persiapan	Kritis	1	1		Rp 680.000,00	Rp 680.000,00	-
B	Design	Kritis	7	7		Rp 1.904.000,00	Rp 1.904.000,00	-
C	Client Approval	Kritis	10	7	3	Rp 2.720.000,00	Rp 3.891.000,00	Rp 391.000,00
D	Inspeksi Material	Kritis	2	2		Rp 1.088.000,00	Rp 1.088.000,00	-
Proses Pembuatan Shell								
E	Pola & Ukur + Mark & Cutt	Kritis	3	3		Rp 772.800,00	Rp 772.800,00	-
F	Proses Pelubangan untuk Nozzle + Ring	Kritis	2	2		Rp 515.200,00	Rp 515.200,00	-
G	Welding Expansion Joint ke Shell	Kritis	3	3		Rp 1.156.800,00	Rp 1.156.800,00	-
H	Finishing	Kritis	1	1		Rp 391.200,00	Rp 391.200,00	-
Proses Pembuatan Saddle (Wear Plate, Woc Plate, Rib Plate, Base Plate)								
I	Pola & Ukur + Mark & Cutt Plate Thk.10	Kritis	3	3		Rp 772.800,00	Rp 772.800,00	-
J	Welding + Drilling	Kritis	4	4		Rp 1.542.400,00	Rp 1.542.400,00	-
K	Inspection (QC)	Kritis	1	1		Rp 263.200,00	Rp 263.200,00	-
L	Finishing	Kritis	3	3		Rp 765.600,00	Rp 765.600,00	-
Proses Pembuatan External Shell								
M	Pola & Ukur + Mark & Cutt	Kritis	3	3		Rp 772.800,00	Rp 772.800,00	-
N	Welding Con. Reducer ke Flange	Kritis	5	5		Rp 1.928.000,00	Rp 1.928.000,00	-
O	Welding Nozzle Flange & N/P Bracket	Kritis	5	5		Rp 1.928.000,00	Rp 1.928.000,00	-
P	Inspection (QC)	Kritis	1	1		Rp 263.200,00	Rp 263.200,00	-
Q	Finishing	Kritis	2	2		Rp 510.400,00	Rp 510.400,00	-
Proses Pembuatan Tube Bundel								
R	Pola & Ukur + Mark & Cutt	Kritis	15	3	5	Rp 14.954.000,00	Rp 20.803.000,00	Rp 1.347.600,00
S	Perakitan Komp. Tube Bundel	Kritis	3	3		Rp 1.554.800,00	Rp 1.554.800,00	-
T	Expand	Kritis	1	1		Rp 393.600,00	Rp 393.600,00	-
U	Welding Tube Sheet	Kritis	2	2		Rp 1.587.200,00	Rp 1.587.200,00	-
V	Inspection (QC)	Kritis	1	1		Rp 263.200,00	Rp 263.200,00	-
W	Fit up 1 (Perakitan Shell + Saddle)	Kritis	3	3		Rp 2.788.800,00	Rp 2.788.800,00	-
X	Fit up 2 (Perakitan Fit up 1 + External Shell)	Kritis	3	3		Rp 2.788.800,00	Rp 2.788.800,00	-
Y	Fit up 3 (Perakitan Fit up 2 + Tube Bundel)	Kritis	3	1	2	Rp 2.788.800,00	Rp 5.452.400,00	Rp 1.336.300,00
Z	Inspeksi Welding	Kritis	2	2		Rp 254.400,00	Rp 254.400,00	-
AA	Hydrotest	Kritis	1	1		Rp 671.200,00	Rp 671.200,00	-
AB	Sandblasting & Painting	Kritis	2	2		Rp 508.800,00	Rp 508.800,00	-
AC	Inspection Finishing	Kritis	1	1		Rp 399.200,00	Rp 399.200,00	-
AD	Shipping ( Kalimantan )	Kritis	14	14		Rp 3.808.000,00	Rp 3.808.000,00	-
TOTAL BIAYA						Rp 50.263.200,00	Rp 60.847.800,00	Rp 3.466.100,00

1. **Network Diagram** kondisi percepatan  
Untuk mencapai target penyelesaian proyek, yaitu 65 hari dari mulainya pekerjaan, maka dipilih percepatan pada aktifitas yang memiliki total float sama dengan nol (kegiatan kritis), sedangkan pekerjaan yang memiliki total float tidak sama nol (bukan kritis) tidak dipilih untuk diadakan kerja lembur karena apabila diadakan kerja lembur tidak akan mempercepat penyelesaian proyek dan hanya memperbesar biaya saja. (bisa dilihat pada gambar 4)
2. **Bagan gantt chart** kondisi percepatan



Gambar 4. Gantt Chart kondisi percepatan

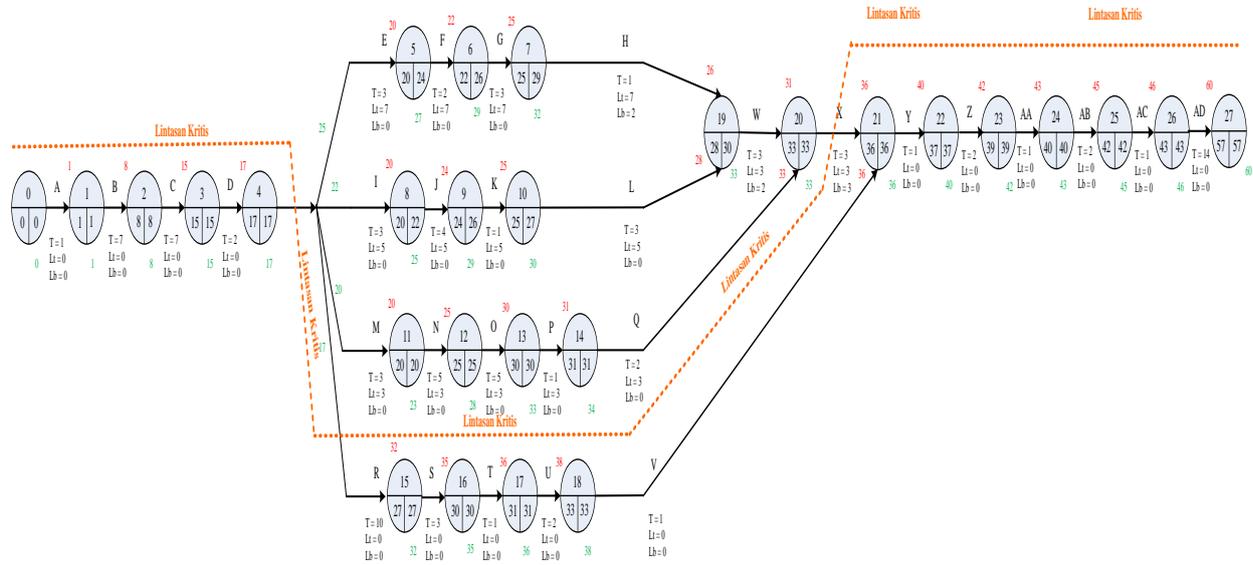
**Biaya tenaga kerja crash program**

Selanjutnya untuk menghitung biaya tenaga kerja setelah diberlakukan kerja lembur yaitu dengan menjumlahkan biaya tenaga kerja normal setelah dipercepat dengan biaya tenaga kerja lembur atau dengan rumus :

$$\text{Biaya tenaga kerja setelah percepatan} = (\text{Durasi Normal Setelah Percepatan} \times \text{Jumlah Tenaga Kerja} \times \text{Upah Gaji}) + (\text{Jumlah Tenaga Kerja} \times \text{Upah Lembur Per Hari} \times \text{Jumlah Hari Lembur})$$

Tabel 10. Biaya Tenaga Kerja Kondisi Percepatan

No	Jenis Kegiatan	Waktu Ceking (Jam)	Waktu Lembur (Jam)	Prog. Dst	Erg	PPC	Quality	Leader	Filter	Welder GTAW/FCM	Helper	Painter	Blaster	Biaya Tenaga Kerja
1	Persiapan	1												
2	Design	7												
3	Client Approval	10	7	3	1	1								Rp 3.893.000,00
4	Acquisit Material	2												
Proses Pembuat Shell														
5	Pola & Ukur + Mark & Cut	3												
6	Proses Pukangan untuk Nozzle + Ring	2												
7	Welding Expansion Joint ke Shell	3												
8	Finishing	1												
Proses Pembuat Saddle (Weld Plate, Weld Plate, Base Plate)														
9	Pola & Ukur + Mark & Cut Plate Tht 10	3												
10	Welding + Drilling	4												
11	Inspection (QC)	1												
12	Finishing	2												
Proses Pembuat External Shell														
13	Pola & Ukur + Mark & Cut	3												
14	Welding Con. Reducer ke Flange	5												
15	Welding Nozzle Flange & N.P Bracket	5												
16	Inspection (QC)	1												
17	Finishing	2												
Proses Pembuat Tube Bundle														
18	Pola & Ukur + Mark & Cut	15	10	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Rp 20.883.000,00
19	Persiapan Komp. Tube Bundle	3												
20	Support	1												
21	Welding Tube Sheet	1												
22	Inspection (QC)	1												
23	Fit up 1 (Peralatan Shell + Saddle)	3												
24	Fit up 1 (Peralatan Fit up 1 - External Shell)	3												
25	Fit up 1 (Peralatan Fit up 2 - Tube Bundle)	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Rp 5.463.000,00
26	Inspeksi Welding	2												
27	Hydrotest	1												
28	Sandblasting & Painting	1												
29	Inspection Finishing	1												
30	Shipping (Administration)	14												
Total Biaya Waktu Percepatan														57
Total Biaya Tenaga Kerja Normal														Rp 40.847.000,00



Gambar 3. Gantt Chart kondisi percepatan

**Analisis Kondisi Normal Pada Microsoft Project 2007**

	Start	Finish
Current	Mon 09/03/15	Fri 05/06/15
Baseline	Mon 09/03/15	Fri 05/06/15
Actual	Mon 09/03/15	NA
Variance	0d	0d

	Duration	Work	Cost
Current	65d	3.048h	Rp107.570.700
Baseline	65d	3.048h	Rp107.570.700
Actual	62,45d	2.980,8h	Rp106.428.300
Remaining	2,55d	67,2h	Rp1.142.400

Percent complete:  
 Duration: 96%    Work: 98%

Gambar 5 Project Statistic Kondisi Normal (Ms. Project 2007)

Pengolahan data menggunakan Ms. Project diperoleh *project statistic* kondisi normal diperoleh dengan memasukkan task name, duration dan predecessor serta resource sheet maka diperoleh durasi penyelesaian proyek sebesar 65 hari. Dari analisa microsoft project setelah memasukan data pekerjaan dan harga material sesuai dengan rencana anggaran kondisi normal, diketahui bahwa hasil output biaya budget report yaitu Rp 107.570.700. Terdapat perbedaan hasil perhitungan biaya CPM dan Ms. Project yang tidak terlalu signifikan maka dikatakan bahwa kondisi awal pada proyek Heat Exchanger cocok. Pada penggunaan software ini sebelumnya perusahaan terkait belum menggunakan jadwal pekerjaan dengan lebih baik maka oleh sebab itu microsoft project dapat membantu dalam menjadwalkan sesuai pekerjaan yang sudah ditentukan agar target waktu rencana proyek dapat terlaksana dengan cepat dan tepat.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah ditetapkan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :  
 Aktivitas-aktivitas kritis dengan menggunakan metode CPM dan Software Ms. Project 2007 adalah sebagai berikut :  
 Persiapan → *design* → *client approval* → *inspeksi material* → *pola & ukur + mark & cutting tube bundel* → *perakitan komp. tube bundel* → *expand tube bundel* → *welding tube sheet* → *inspection (QC) tube bundel* → *fit up 2 (perakitan fit up 1 + external sheet)* → *fit up 3 (perakitan fit up 2 + tube bundel)* → *inspeksi welding* → *hydrottest* → *sandblasting & painting* → *inspeksi finishing* → *shipping* ke (kalimantan).  
 Biaya yang dihasilkan dari pengerjaan proyek Heat Exchanger untuk kondisi normal 65 hari kalender yaitu sebesar Rp 108.623.550, sedangkan untuk kondisi percepatan 57 hari kalender yaitu sebesar Rp 130.851.210. Kegiatan proyek yang telah mengalami percepatan sebesar 57 hari kalender ini

yang optimal dilaksanakan dikarenakan optimal memenuhi kontrak kerja dengan pihak customer dan menghindari pinalti serta diperoleh keuntungan sebesar Rp 108.632.550,-.

**DAFTAR PUSTAKA**

Dannyanti, E. 2010. *Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode CPM dan PERT*. Jurnal Management Proyek

Handoko, T.H. 1999. *Dasar-Dasar Management Produksi dan Operasi*, Edisi Pertama. BPFE : Yogyakarta

Hendriyadi, 2014. *Optimalisasi Jadwal Pembuatan Vessel Dengan Metode CPM Dan PERT Di PT Multi Fabrindo Gemilang*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Industri, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten (Tidak Publikasi)

Kusrianto, Adi. 2008. *Panduan Lengkap Memakai Microsoft Project 2007*. Jakarta : PT. Elex Media Komputindo

Levin, Richard I. dan Charles A Kirkpatrick. 1997. *Perencanaan dan Pengawasan Dengan CPM dan PERT*. Bhatara : Jakarta

Maharani, Leny dan Fajarwati. 2006. *Analisis Optimasi Percepatan Durasi Proyek dengan Metode Least Cost Analysis*. Utilitas, Vol. 14, No.1, hal 113-130

Mulyanah, D, 2013. *Analisa Penjadwalan Ulang Proyek Pembangunan Gudang X dan Y Menggunakan Metode Critical Path Method (CPM) Berdasarkan Siklus DMAIC Pada PT.XYZ.Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Industri, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten (Tidak Publikasi).

Santoso, B. 1997. *Management Proyek*. Edisi Pertama. Bandung: PT. Guna Widya.

Soeharto, I. 1995. *Management Proyek Dari Konseptual sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga.

Soeharto, I. 1999. *Management Proyek Dari Konseptual sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga.