

Analisa Perbaikan Penjadwalan Perakitan Panel Listrik Dengan Metode CPM dan PERT (Studi Kasus : PT. Mega Karya Engineering)

Tubagus Irwan Julkarnaen¹, Lely Herlina², Kulsum³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

tbirwan_082683@yahoo.com¹, lely@ft-untirta.ac.id², kulsum.ti@gmail.com³

ABSTRAK

PT. Mega Karya Engineering merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang konstruksi khususnya *electrical controller* yang menangani instalasi listrik, perakitan panel listrik sampai dengan pengiriman, dan lain-lain. Perusahaan ini sering mengalami kesulitan yang disebabkan oleh tenaga kerja yang kurang teratur, kurang adanya jadwal yang tidak teratur, harus mengalami revisi (penetapan *design*) dan tanda tangan kontrak yang terlalu lama. Dari permasalahan yang terjadi, penelitian ini bertujuan untuk mencari aktivitas-aktivitas mana saja yang ada dalam proyek, yang merupakan aktivitas kritis untuk kondisi awal dan percepatan, mengetahui perbedaan waktu pengerjaan dari mulai kondisi awal dengan kondisi percepatan dan mengetahui besarnya perbedaan biaya yang terjadi antara kondisi awal dengan kondisi percepatan. Dalam penelitian ini menggunakan metode CPM dan PERT dan metode ini memiliki keterkaitan yang sama dan sifat yang beda, misalnya untuk CPM adalah metode yang berorientasi pada waktu yang mengarah dalam penentuan jadwal dan estimasi waktunya bersifat deterministik/pasti sedangkan PERT adalah metode yang berorientasi pada waktu yang mengarah dalam penentuan jadwal dan waktunya bersifat probabilistik/kemungkinan. Metode ini dalam manajemen proyek dapat mengetahui kapan tiap-tiap aktivitas akan dimulai dan kapan harus berakhir, sehingga dapat diketahui waktu penyelesaian keseluruhan proyek yang sesuai dengan sasaran yang telah ditetapkan. Hasil yang didapat dari penelitian proyek ini awalnya berjalan selama 21 hari yang masuk kedalam lintasan kritis. Setelah dilakukan analisa dan perbaikan dengan metode CPM waktu produksi tersebut menjadi 14 hari dengan perbedaan percepatan waktu sebesar 7 hari sebaliknya dengan metode PERT memiliki nilai varian 99,96% dan nilai Z nya yaitu 3,950 yang artinya proyek ini memiliki hasil persentase yang sangat baik. Keuntungan yang diperoleh proyek ini dari nilai proyek yang telah disepakati sebesar Rp 85.000.000 ialah untuk kondisi awal memiliki keuntungan sebesar Rp 23.527.500 dan kondisi percepatan sebesar Rp 26.063.500 dalam 1 perakitan panel listrik. Dalam segi *financial* perusahaan mendapatkan 2 keuntungan, yaitu keuntungan pada jumlah biaya yang didapat dan keuntungan percepatan waktu yang tersedia sehingga perusahaan dapat mengerjakan proyek lainnya.

Kata Kunci : Manajemen Proyek, *Critical Path Network* (CPM), *Project Evaluation and Review Technique* (PERT).

PENDAHULUAN

PT. Mega Karya Engineering (MKE) adalah sebuah perusahaan yang bergerak dalam bidang konstruksi *engineering* yang berdiri pada tahun 2008 hingga sekarang. Perusahaan ini dalam pengerjaan proyeknya menangani instalasi listrik, perakitan panel listrik sampai dengan pengiriman, dan lain-lain. Pada proses pengerjaannya PT. Mega Karya Engineering sering mengalami keterlambatan dalam proses perakitan hingga sampai proses pengiriman, hal ini disebabkan berbagai macam hal misalnya tenaga kerja yang kurang teratur, kurang adanya jadwal yang tidak teratur, harus mengalami revisi (penetapan *design*) dan tanda tangan kontrak yang terlalu lama. Karena itu, peneliti berusaha membuat perbaikan jadwal agar dalam pengerjaannya bisa sesuai dengan waktu dan jadwal yang sudah ditentukan. Dalam mengatasi permasalahan ini peneliti mencoba membuat suatu penelitian dengan menggunakan Metode Jalur Kritis atau sering disebut juga

Critical Path Network (CPM) dan *Project Evaluation and Review Technique* (PERT). Untuk kedua metode ini kita dapat mengetahui lebih mendetail lagi tentang perbedaan waktu antara kondisi awal dengan kondisi percepatan, bilamana pada kondisi awal sering mengalami keterlambatan waktu pengerjaan dari mulai pekerjaan persiapan hingga *finishing* serta biaya yang tidak sesuai dengan apa yang sudah diperhitungkan dan menghasilkan mutu yang kurang baik. Oleh sebab itu kita harus memperhatikan pekerjaan mana yang harus mendapat perhatian lebih karena apabila pekerjaan tersebut mengalami keterlambatan maka akan mempengaruhi hasil pekerjaan yang lain. Kedua metode CPM dan PERT ini memiliki keterkaitan yang sama dan sifat yang beda, misalnya untuk metode CPM adalah metode yang berorientasi pada waktu yang mengarah dalam penentuan jadwal dan estimasi waktunya bersifat deterministik/pasti sedangkan untuk PERT adalah

metode yang berorientasi pada waktu yang mengarah dalam penentuan jadwal dan waktunya bersifat probabilistik/kemungkinan. Sehingga hal ini diharapkan dapat dipakai untuk mengontrol koordinasi berbagai kegiatan dalam suatu pekerjaan

METODE PENELITIAN

Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu memahami permasalahan yang terjadi dengan melakukan peninjauan langsung untuk memperoleh data yang sesuai dengan masalah yang dijadikan objek penelitian. Setelah itu mengumpulkan informasi tentang perusahaannya yaitu proses perakitan panel listrik, jumlah karyawan yang terlibat, dan harga-harga material atau bahan baku. Setelah data-data didapatkan kemudian mengolah dan menghitung data – data seperti perhitungan pada saat kondisi awal, dimana pada kondisi awal ini proyek panel listrik dilaksanakan dengan waktu penyelesaian selama hari kalender. Setelah dilakukan 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 proses perakitan panel listrik 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 *gant 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, dan jalur kritis tersebut akan dimasukkan kedalam perhitungan PERT yang dimana perhitungan PERT ialah perhitungan yang mencari nilai waktu optimis, realistis, pesimis dan perhitungan waktu tersebut setelah mendapatkan hasilnya akan di perhitungkan menggunakan distribusi normal dengan mencari berapa nilai table z dan menentukan persentase yang diperoleh dari perhitungan tersebut. 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 ktifitas.

proyek hingga dapat terselesaikan dalam jangka waktu yang tepat dan dapat juga membantu perusahaan dalam mengadakan perencanaan pengendalian proyek dengan waktu dan biaya yang lebih efisien.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pengumpulan data. Dan data yang digunakan ialah uraian kegiatan proses perakitan panel listrik, bahan baku material dan biaya tenaga kerja karyawan serta alokasi tenaga kerja per-aktifitas atau kegiatan. Adapaun data-data yang dibutuhkan sebagai berikut :

Tabel 1. Uraian kegiatan, *predecessor*, durasi kegiatan.

No	Simbol	Jenis Kegiatan	Aktivitas Pendahulu	Waktu (hari)
1	1	Pekerjaan Persiapan		4 hari
2	2	Design	1	1 hari
3	3	Material Input	2	4 hari
4	4	Inspeksi Material	3	1 hari
5	5	Proses Pembuatan Panel		5 hari
6	6	Pola Ukur untuk Panel	3	1 hari
7	7	Pelubangan Pembuatan panel	6	1 hari
8	8	Perakitan pembuatan Panel	7	2 hari
9	9	Welding Pembuatan Panel	8	1 hari
10	10	Pengecatan Pembuatan panel	9	3 hari
11	11	Proses Pembuatan Busbar		6 hari
12	12	Pola Ukur untuk Busbar	3	1 hari
13	13	Pengeboran Pembuatan Busbar	12	1 hari
14	14	Pengecatan Busbar	13	3 hari
15	15	pemasangan Busbar	14	3 hari
16	16	Proses Pembuatan Kabel Tray		3 hari
17	17	Pola Ukur untuk Kabel Tray	3	1 hari
18	18	Pengeboran Kabel Tray	17	1 hari
19	19	Perakitan Komponen	18	2 hari
20	20	Wairing (instalasi) Kabel tray	19	2 hari
21	21	Perakitan (Proses Pembuatan Panel, Proses Pembatan Busbar, Proses	(10,15,20)	1 hari
22	22	Proses Pembuatan Luar Panel		3 hari
23	23	Pola Ukur untuk Luar Panel	3	1 hari
24	24	Pengeboran Luar Panel	23	1 hari
25	25	Perakitan Komponen Luar Panel	24	2 hari
26	26	Wairing (instalasi) Luar Panel	25	2 hari
27	27	Finishing	26	1 hari

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 Pengembangan

Biaya proyek adalah jumlah biaya 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 :

$$\text{Biaya proyek} = \text{Biaya bahan} + \text{Biaya tenaga kerja langsung} - \text{Biaya tak langsung}.$$

1. Biaya Langsung

Tabel 2. Harga bahan baku material

No	Nama Material	Satuan	Harga Bahan Baku	Jumlah Bahan Baku	Total Harga
1	Plate	Lembar	Rp 390,000	8	Rp 3,120,000
2	Baut	Pcs	Rp 1,500	50	Rp 75,000
3	Kabel	Roll (10 M)	Rp 150,000	100	Rp 15,000,000
4	Cat	Kaleng	Rp 50,000	1	Rp 50,000
5	Siku	Batang	Rp 55,000	2	Rp 110,000
6	Kawat Las	Batang	Rp 5,000	5	Rp 25,000
7	Consumable	-	Rp 500,000	-	Rp 500,000
8	Spart Part	-	Rp 15,000,000	-	Rp 15,000,000
9	Pipa	Batang (1 inc)	Rp 35,000	2	Rp 70,000
10	Lain - Lain	-	Rp 2,000,000	-	Rp 2,000,000
TOTAL					Rp 35,950,000

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 per-hari

No	Jenis Pekerjaan	Satuan Kerja	Harga Satuan
1	Supervisor	Bulan	Rp 5,000,000
2	Welder 1	Hari	Rp 160,000
3	Welder 2	Hari	Rp 160,000
4	Helper 1	Hari	Rp 80,000
5	Helper 2	Hari	Rp 80,000
6	Helper 3	Hari	Rp 80,000
7	Helper 4	Hari	Rp 80,000
8	Helper 5	Hari	Rp 80,000
9	Operator 1	Hari	Rp 100,000
10	Operator 2	Hari	Rp 100,000
11	Operator 3	Hari	Rp 100,000
12	Operator 4	Hari	Rp 100,000
13	Operator 5	Hari	Rp 100,000
14	Drafter	All In	Rp 2,500,000
15	Assembly 1	Hari	Rp 100,000
16	Assembly 2	Hari	Rp 100,000
17	Assembly 3	Hari	Rp 100,000
18	Assembly 4	Hari	Rp 100,000
19	Assembly 5	Hari	Rp 100,000
20	Assembly 6	Hari	Rp 100,000
21	Assembly 7	Hari	Rp 100,000

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 4 jam setiap harinya setelah jam bekerja normal.

Tabel 4. Upah lembur per-hari

No	Jenis Pekerjaan	Satuan Kerja	Harga Satuan
1	Supervisor	All In	-
2	Welder 1	Hari	Rp 40,000.00
3	Welder 2	Hari	Rp 40,000.00
4	Helper 1	Hari	Rp 40,000.00
5	Helper 2	Hari	Rp 40,000.00
6	Helper 3	Hari	Rp 40,000.00
7	Helper 4	Hari	Rp 40,000.00
8	Helper 5	Hari	Rp 40,000.00
9	Operator 1	Hari	Rp 40,000.00
10	Operator 2	Hari	Rp 40,000.00
11	Operator 3	Hari	Rp 40,000.00
12	Operator 4	Hari	Rp 40,000.00
13	Operator 5	Hari	Rp 40,000.00
14	Drafter	All In	-
15	Assembly 1	Hari	Rp 40,000.00
16	Assembly 2	Hari	Rp 40,000.00
17	Assembly 3	Hari	Rp 40,000.00
18	Assembly 4	Hari	Rp 40,000.00
19	Assembly 5	Hari	Rp 40,000.00
20	Assembly 6	Hari	Rp 40,000.00
21	Assembly 7	Hari	Rp 40,000.00

Di asumsikan untuk upah tenaga pada jenis pekerjaan supervisor dan drafter dalam hitungan 1 bulan sekali dalam pembayaran beda halnya dengan jenis pekerjaan untuk lainnya untuk upah tenaga kerja dilakukan pembayaran dalam hitungan per-hari. Untuk pembagian gaji dilakukan setiap akhir bulan yaitu pada tanggal 30/31. 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 4 jam, yaitu mulai jam 17.00–21.00 WIB. Dalam 1 minggu ada 5 hari kerja, hari sabtu dan minggu libur, apabila ada karyawan yang masuk dalam hari tersebut maka dinyatakan lembur, kecuali karyawan yang *all-in*.

2. Biaya Tak Langsung

Biaya tak langsung dapat dinyatakan keterikatannya dalam kegiatan antara lain eksploitasi peralatan dan mesin, pengeluaran supervisor, 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 awal jadwal proyek yang telah dibuat oleh PT. Mega Karya Engineering. Jadi kebutuhan tenaga kerja yang sudah di alokasikan telah ditetapkan sebelum proyek tersebut dilaksanakan. Alokasi tenaga kerja pada proyek pembuatan Panel Listrik.

Tabel 5. Alokasi tenaga kerja saat kondisi awal

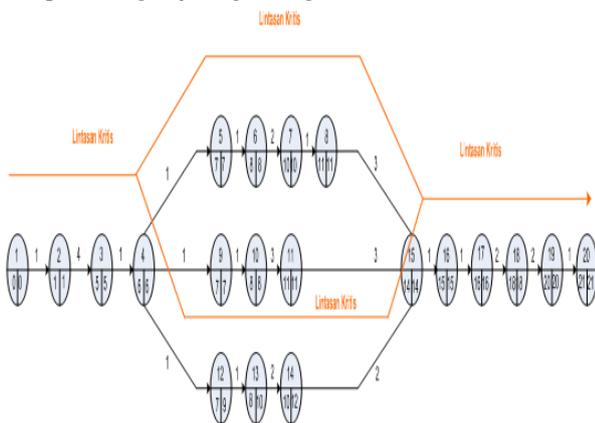
No	Nama Pekerjaan	Durasi (hari)	Supervisor	Welder	Helper	Operator	Drafter	Assembly
1	Pekerjaan Persiapan	4 hari						
2	Design	1 hari					Drafter	
3	Material Input	4 hari				Op 1-1		
4	Inspeksi Material	1 hari	Supervisor					
5	Proses Pembuatan Panel	3 hari						
6	Pola Ukur untuk Panel	1 hari				Op 2-1		
7	Pelubangan Pembuatan panel	1 hari		Welder				
8	Perakitan pembuatan Panel	2 hari						Assembly 1
9	Welding Pembuatan Panel	1 hari		Welder 1	Helper 1			
10	Pengecatan Pembuatan panel	3 hari				Op 3-1		
11	Proses Pembuatan Busbar	6 hari						
12	Pola Ukur untuk Busbar	1 hari				Op 2-2		
13	Pengeboran Pembuatan Busbar	1 hari			Helper 2-1			
14	Pengecatan Busbar	3 hari				Op 4-1		
15	penyusunan Busbar	3 hari						Assembly 2
16	Proses Pembuatan Kabel Tray	3 hari						
17	Pola Ukur untuk Kabel Tray	1 hari				Op 1-2		
18	Pengeboran Kabel Tray	1 hari				Op 2-4		
19	Perakitan Komponen	2 hari			Helper 4-1			Assembly 3
20	Warning (instalasi) Kabel tray	2 hari			Helper 1-2	Op 5-1		Assembly 4
21	Perakitan (Proses Pembuatan Panel, Proses Pembuatan Busbar, Proses Pembuatan Kabel Tray)	1 hari						Assembly 5
22	Proses Pembuatan Luar Panel	3 hari						
23	Pola Ukur untuk Luar Panel	1 hari				Op 2-3		
24	Pengeboran Luar Panel	1 hari			Helper 3-1			
25	Perakitan Komponen Luar Panel	2 hari			Helper 2-3			Assembly 6
26	Warning (instalasi) Luar Panel	2 hari			Helper 1-3	Op 4-3		Assembly 7
27	Finishing	1 hari						

Setelah data sudah dikumpulkan maka pada penelitian ini diasumsikan bahwa dalam pengerjaannya hanya mengerjakan 1 unit panel listrik dalam suatu proses. Untuk memecahkan masalah penjadwalan pelaksanaan proyek yang akan di kerjakan terdapat dua kondisi yang akan digunakan yaitu :

1. Kondisi Awal
2. Kondisi Percepatan

Penjadwalan pelaksanaan produksi pada saat kondisi awal.

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



Gambar 1. *Network Diagram* kondisi awal

2. *Bagan Gant Chart*

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

No	Jenis Kegiatan	Durasi (hari)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20						
1	Pekerjaan Persiapan	4 hari	■	■	■	■																						
2	Design	1 hari		■																								
3	Material Input	4 hari		■	■	■	■																					
4	Inspeksi Material	1 hari			■																							
5	Proses Pembuatan Panel	3 hari				■	■	■																				
6	Pola Ukur untuk Panel	1 hari					■																					
7	Pelubangan Pembuatan panel	1 hari						■																				
8	Perakitan pembuatan Panel	2 hari							■	■																		
9	Welding Pembuatan Panel	1 hari								■																		
10	Pengecatan Pembuatan panel	3 hari									■	■	■															
11	Proses Pembuatan Busbar	6 hari										■	■	■	■	■	■											
12	Pola Ukur untuk Busbar	1 hari											■															
13	Pengeboran Pembuatan Busbar	1 hari												■														
14	Pengecatan Busbar	3 hari													■	■	■											
15	penyusunan Busbar	3 hari														■	■	■										
16	Proses Pembuatan Kabel Tray	3 hari															■	■	■									
17	Pola ukur untuk Kabel Tray	1 hari																	■									
18	Pengeboran Kabel Tray	1 hari																		■								
19	Perakitan Komponen	2 hari																			■	■						
20	Warning (instalasi) Kabel tray	2 hari																				■	■					
21	Perakitan (Proses Pembuatan Panel, Proses Pembuatan Busbar, Proses Pembuatan Kabel Tray)	1 hari																					■					
22	Proses Pembuatan Luar Panel	3 hari																					■					
23	Pola Ukur untuk Luar Panel	1 hari																						■				
24	Pengeboran Luar Panel	1 hari																							■			
25	Perakitan Komponen Luar Panel	2 hari																								■		
26	Warning (instalasi) Luar Panel	2 hari																									■	
27	Finishing	1 hari																										■

Gambar 3. *Gant Chart* kondisi awal

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*

No	Jenis Kegiatan	Durasi (hari)	Paling Awal		Paling Akhir		Total Float	Ket
			Mulai (ES)	Selesai (EF)	Mulai (LS)	Selesai (LF)		
1	Pekerjaan Persiapan	4						
2	Design	1	0	1	0	1	0	Kritis
3	Material Input	4	1	5	1	5	0	Kritis
4	Inspeksi Material	1	5	6	5	6	0	Kritis
5	Proses Pembuatan Panel	3						
6	Pola Ukur untuk Panel	1	6	7	6	7	0	Kritis
7	Pelubangan Pembuatan panel	1	7	8	7	8	0	Kritis
8	Perakitan pembuatan Panel	2	8	10	8	10	0	Kritis
9	Welding Pembuatan Panel	1	10	11	10	11	0	Kritis
10	Pengecatan Pembuatan panel	3	11	14	11	14	0	Kritis
11	Proses Pembuatan Busbar	6						
12	Pola Ukur untuk Busbar	1	6	7	6	7	0	Kritis
13	Pengeboran Pembuatan Busbar	1	7	8	7	8	0	Kritis
14	Pengecatan Busbar	3	8	11	8	11	0	Kritis
15	penyusunan Busbar	3	11	14	11	14	0	Kritis
16	Proses Pembuatan Kabel Tray	3						
17	Pola Ukur untuk Kabel Tray	1	6	7	7	8	1	-
18	Pengeboran Kabel Tray	1	7	8	8	9	1	-
19	Perakitan Komponen	2	8	10	9	11	1	-
20	Warning (instalasi) Kabel tray	2	10	12	11	13	1	-
21	Perakitan (Proses Pembuatan Panel, Proses Pembuatan Busbar, Proses Pembuatan Kabel Tray)	1	12	13	13	14	1	-
22	Proses Pembuatan Luar Panel	3						
23	Pola Ukur untuk Luar Panel	1	6	7	6	7	0	Kritis
24	Pengeboran Luar Panel	1	7	8	7	8	0	Kritis
25	Perakitan Komponen Luar Panel	2	8	10	8	10	0	Kritis
26	Warning (instalasi) Luar Panel	2	10	12	10	12	0	Kritis
27	Finishing	1	12	13	12	13	0	Kritis

4. Biaya kerja per-aktivitas

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 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 dilihat dibawah ini.

Tabel 7. Biaya tenaga kerja per-aktifitas kondisi awal

No	Nama Pekerjaan	Durasi (hari)	Jumlah Kerja Dalam Kegiatan / Hari					BIAYA Tenaga Kerja
			Spr	Wah	Hjr	Op	Asm	
1	Pekerjaan Persiapan	4						
2	Desain	1				1	Rp	2,500,000
3	Material Input	4				2	Rp	800,000
4	Inspeksi Material	1	1				Rp	5,000,000
5	Proses Pembuatan Panel	5						
6	Pola Ukur untuk Panel	1				2	Rp	200,000
7	Pembagian Pembuatan panel	1	1				Rp	160,000
8	Perakitan pembuatan Panel	2				1	Rp	200,000
9	Welding Pembuatan Panel	1	1	1			Rp	240,000
10	Pengecatan Pembuatan panel	3				2	Rp	600,000
11	Proses Pembuatan Busbar	6						
12	Pola Ukur untuk Busbar	1				2	Rp	200,000
13	Pengeboran Pembuatan Busbar	1				2	Rp	160,000
14	Pengecatan Busbar	3				2	Rp	600,000
15	pemasangan Busbar	3				1	Rp	300,000
16	Proses Pembuatan Kabel Tray	3						
17	Pola Ukur untuk Kabel Tray	1				2	Rp	200,000
18	Pengeboran Kabel Tray	1				2	Rp	200,000
19	Perakitan Komponen	2				2	Rp	520,000
20	Waring (instalasi) Kabel tray	2				2	Rp	920,000
21	Perakitan (Proses Pembuatan Panel, Proses Pembuatan Busbar, Proses Pembuatan Kabel Tray)	1				1	Rp	100,000
22	Proses Pembuatan Luar Panel	3						
23	Pola Ukur untuk Luar Panel	1				2	Rp	200,000
24	Pengeboran Luar Panel	1				2	Rp	160,000
25	Perakitan Komponen Luar Panel	2				2	Rp	320,000
26	Waring (instalasi) Luar Panel	2				2	Rp	920,000
27	Finishing	1						
TOTAL							Rp	14,500,000

Contoh perhitungan :

Untuk Pekerjaan Material Input menggunakan 2 operator :

$$\text{Material Input} = 4 \text{ Hari} * (2 \text{ Operator} * \text{Rp } 100.000) = \text{Rp } 800.000,-$$

Analisa dari penjadwalan pelaksanaan proyek pada kondisi awal :

1. Dari *network diagram* maka dapat diketahui waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan proyek yaitu sebesar 21 hari. Waktu penyelesaian ini sesuai dengan kesepakatan pemilik proyek dengan pelaksana proyek.
2. Dari perhitungan maju dan mundur terdapat 5 kegiatan kritis yaitu suatu kegiatan dengan *Table Float* nya = 0 dan ini berarti kegiatan tersebut harus dilakukan dan tidak bias di tunda, karena apabila terjadi penundaan atau keterlambatan pada kegiatan kritis tersebut maka waktu penyelesaian proyek akan tertunda.

3. Alokasi tenaga kerja pada tiap aktifitas menyelesaikan proyek tersebut dengan batasan waktu 21 hari, dengan jumlah biaya awal adalah **Rp 14.500.000,-**

Penjadwalan proyek pada saat kondisi percepatan

Pada kondisi awal proyek dapat selesai dalam kurun waktu 21 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 14 hari.

Tabel 8. Kerja lembur aktifitas proyek

No	Kegiatan	Normal (waktu / Hari)	Di Peringkat
1	Pekerjaan Persiapan	4	
2	Desain	1	-
3	Material Input	4	2
4	Inspeksi Material	1	-
5	Proses Pembuatan Panel	5	
6	Pola Ukur untuk Panel	1	-
7	Pembagian Pembuatan panel	1	-
8	Perakitan pembuatan Panel	2	1
9	Welding Pembuatan Panel	1	-
10	Pengecatan Pembuatan panel	3	2
11	Proses Pembuatan Busbar	6	
12	Pola Ukur untuk Busbar	1	-
13	Pengeboran Pembuatan Busbar	1	-
14	Pengecatan Busbar	3	1
15	pemasangan Busbar	3	2
16	Proses Pembuatan Kabel Tray	3	
17	Pola Ukur untuk Kabel Tray	1	-
18	Pengeboran Kabel Tray	1	-
19	Perakitan Komponen	2	0
20	Waring (instalasi) Kabel tray	2	1
21	Perakitan (Proses Pembuatan Panel, Proses Pembuatan Busbar, Proses Pembuatan Kabel Tray)	1	-
22	Proses Pembuatan Luar Panel	3	
23	Pola Ukur untuk Luar Panel	1	-
24	Pengeboran Luar Panel	1	-
25	Perakitan Komponen Luar Panel	2	1
26	Waring (instalasi) Luar Panel	2	1
27	Finishing	1	-

Tabel 9. Tabulasi biaya normal, dipercepat dan *slope* biaya

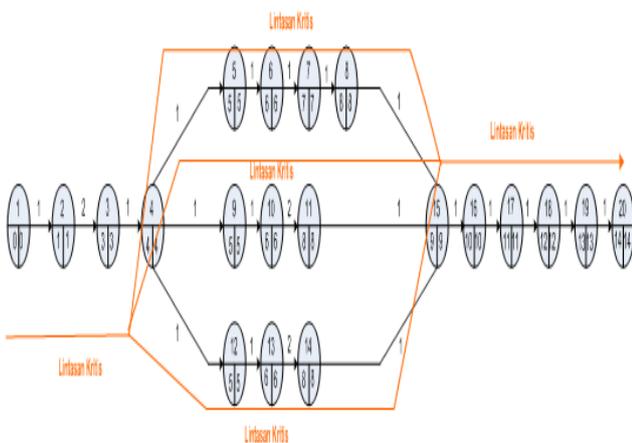
Kegiatan	Normal (waktu)	Biaya	Dipersingkat	Biaya	Percepatan	Slope Biaya
Material Input	4	Rp 800,000	2	Rp 560,000	2	Rp 240,000
Perakitan pembuatan Panel	2	Rp 200,000	1	Rp 140,000	1	Rp 60,000
Pengecatan Pembuatan panel	3	Rp 600,000	2	Rp 560,000	1	Rp 40,000
Pengecatan Busbar	3	Rp 600,000	2	Rp 560,000	1	Rp 40,000
pemasangan Busbar	3	Rp 300,000	1	Rp 140,000	2	Rp 160,000
Perakitan Komponen	2	Rp 520,000	2	Rp 760,000	0	Rp -240,000
Waring (instalasi) Kabel tray	2	Rp 920,000	1	Rp 660,000	1	Rp 240,000
Perakitan Komponen Luar Panel	2	Rp 320,000	1	Rp 380,000	1	Rp 140,000
Waring (instalasi) Luar Panel	2	Rp 920,000	1	Rp 660,000	1	Rp 260,000
TOTAL					10	Rp 940,000

Contoh Perhitungan :

- Perakitan Pembuatan Panel Normal = 2 hari * (1 Assembly * Rp 100.000) = Rp 200.000
- Perakitan Pembuatan Panel Lembur = (1 hari * (1 Assembly * Rp 100.000)) + (1 hari * (1 Assembly * Rp 40.000)) = Rp 140.000

1. Network Diagram kondisi percepatan

Untuk mencapai target penyelesaian proyek, yaitu 14 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 memperbesar biaya saja.



Gambar4. Network Diagram kondisi percepatan

Dalam menyusun network diagram percepatan diperlukan data mengenai uraian pekerjaan, aktifitas yang mendahului dan diawasi setelah mengalami percepatan.

Tabel 10. Uraian Pekerjaan, Prosedur dan Durasi Pekerjaan Hasil Percepatan.

Simbol	Jenis Kegiatan	Aktivitas Pendahulu	Durasi Setelah percepatan (Hari)
1	Pekerjaan Persiapan		
2	Design	1	1
3	Material Input	2	2
4	Inspeksi Material	3	1
5	Proses Pembuatan Panel		
6	Pola Ukur untuk Panel	3	1
7	Pelubangan Pembuatan panel	6	1
8	Perakitan pembuatan Panel	7	1
9	Welding Pembuatan Panel	8	1
10	Pengecatan Pembuatan panel	9	1
11	Proses Pembuatan Busbar		
12	Pola Ukur untuk Busbar	3	1
13	Pengeboran Pembuatan Busbar	12	1
14	Pengecatan Busbar	13	2
15	pasangan Busbar	14	1
16	Proses Pembuatan Kabel Tray		
17	Pola Ukur untuk Kabel Tray	3	1
18	Pengeboran Kabel Tray	17	1
19	Perakitan Komponen	18	1
20	Waring (instalasi) Kabel tray	19	1
21	Perakitan (Proses Pembuatan Panel, Proses Pembuatan Busbar, Proses Pembuatan Kabel Tray)	(10,15,20)	1
22	Proses Pembuatan Luar Panel		
23	Pola Ukur untuk Luar Panel	3	1
24	Pengeboran Luar Panel	23	1
25	Perakitan Komponen Luar Panel	24	1
26	Waring (instalasi) Luar Panel	25	1
27	Finishing	26	1

2. Bagan gantt chart kondisi percepatan

No	Jenis Kegiatan	Durasi (Hari)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14													
1	Pekerjaan Persiapan	1	█																										
2	Design	1		█																									
3	Material Input	2			█																								
4	Inspeksi Material	1				█																							
5	Proses Pembuatan Panel	3					█																						
6	Pola Ukur untuk Panel	1						█																					
7	Pelubangan Pembuatan panel	1							█																				
8	Perakitan pembuatan Panel	1								█																			
9	Welding Pembuatan Panel	1									█																		
10	Pengecatan Pembuatan panel	1										█																	
11	Proses Pembuatan Busbar	4											█																
12	Pola Ukur untuk Busbar	1												█															
13	Pengeboran Pembuatan Busbar	1													█														
14	Pengecatan Busbar	2														█													
15	pasangan Busbar	1															█												
16	Proses Pembuatan Kabel Tray	1																█											
17	Pola Ukur untuk Kabel Tray	1																	█										
18	Pengeboran Kabel Tray	1																		█									
19	Perakitan Komponen Kabel Tray	1																			█								
20	Waring (instalasi) Kabel tray	1																				█							
21	Perakitan (Proses Pembuatan Panel, Proses Pembuatan Busbar, Proses Pembuatan Kabel Tray)	1																					█						
22	Proses Pembuatan Luar Panel	3																						█					
23	Pola Ukur untuk Luar Panel	1																							█				
24	Pengeboran Luar Panel	1																								█			
25	Perakitan Komponen Luar Panel	1																									█		
26	Waring (instalasi) Luar Panel	1																										█	
27	Finishing	1																											█

Gambar 5. Gantt Chart kondisi percepatan

Perhitungan jalur kritis pada saat kondisi percepatan

Dalam menentukan jalur kritis setelah diadakan crash program atau dengan memberlakukan kerja lembur digunakan perhitungan maju dan perhitungan mundur.

Tabel 11. Perhitungan Maju Mundur dan Total Float

No	Jenis Kegiatan	Durasi (hari)	Paling Awal (ES)	Paling Selesai (EF)	Paling Akhir (LS)	Paling Selesai (LF)	Total Float	Ket
1	Pekerjaan Persiapan	1						
2	Design	1	0	1	0	1	0	Kritis
3	Material Input	2	1	3	1	3	0	Kritis
4	Inspeksi Material	1	3	4	3	4	0	Kritis
5	Proses Pembuatan Panel	3						
6	Pola Ukur untuk Panel	1	4	5	4	5	0	Kritis
7	Pelubangan Pembuatan panel	1	5	6	5	6	0	Kritis
8	Perakitan pembuatan Panel	1	6	7	6	7	0	Kritis
9	Welding Pembuatan Panel	1	7	8	7	8	0	Kritis
10	Pengecatan Pembuatan panel	2	8	10	8	10	0	Kritis
11	Proses Pembuatan Busbar	4						
12	Pola Ukur untuk Busbar	1	10	11	10	11	0	Kritis
13	Pengeboran Pembuatan Busbar	1	11	12	11	12	0	Kritis
14	Pengecatan Busbar	2	12	14	12	14	0	Kritis
15	pasangan Busbar	1	14	15	14	15	0	Kritis
16	Proses Pembuatan Kabel Tray	1						
17	Pola Ukur untuk Kabel Tray	1	15	16	15	16	0	Kritis
18	Pengeboran Kabel Tray	1	16	17	16	17	0	Kritis
19	Perakitan Komponen	1	17	18	17	18	0	Kritis
20	Waring (instalasi) Kabel tray	1	18	19	18	19	0	Kritis
21	Perakitan (Proses Pembuatan Panel, Proses Pembuatan Busbar, Proses Pembuatan Kabel Tray)	1	19	20	19	20	0	Kritis
22	Proses Pembuatan Luar Panel	3						
23	Pola Ukur untuk Luar Panel	1	20	21	20	21	0	Kritis
24	Pengeboran Luar Panel	1	21	22	21	22	0	Kritis
25	Perakitan Komponen Luar Panel	1	22	23	22	23	0	Kritis
26	Waring (instalasi) Luar Panel	1	23	24	23	24	0	Kritis
27	Finishing	1	24	25	24	25	0	Kritis

a) Jalur kritis dalam Network Diagram untuk menentukan Varians dan Deviasi proyek keseluruhan pada metode PERT.

1. (Design)+(Material Input)+(Inspeksi Material)+(Pola Ukur Untuk panel) + (Pelubangan Pembuatan Panel)+(Perakitan Pembuatan Panel)+(Welding Pembuatan Panel)+(Pengecatan Pembuatan Panel)+(Pola Ukur Untuk Panel)+(Pengeboran Luar Panel)+(Perakitan Komponen Luar Panel)+(Wairing (instalasi) Luar Panel)+(Finishing) = 1 + 4 + 1 + 1 + 1 + 2 + 1 + 3 + 1 + 2 + 2 + 2 + 1 = 20

Tabel 16. Varians dan Deviasi proyek keseluruhan

No	Waktu (Hari)	Aktivitas pada Lintasan Kritis	V(te)
1	1	Design	0
2	4	Material Input	0.1111
3	1	Inspeksi Material	0.0278
4	1	Pola Ukur untuk Panel	0.1111
5	1	Pelubangan Pembuatan panel	0.1111
6	2	Perakitan pembuatan Panel	0.6944
7	1	Welding Pembuatan Panel	0.1111
8	3	Pengecatan Pembuatan panel	0.444
9	1	Pola Ukur untuk Luar Panel	0.1111
10	2	Pengeboran Luar Panel	0.0278
11	2	Perakitan Komponen Luar Panel	0.694
12	2	Wairing (instalasi) Luar Panel	0.694
13	1	Finishing	0
Varians Proyek		$\sum V(te)$	3.1389
Deviasi Standar Proyek			1.7717

1. Cara perhitungan Varians dan Deviasi proyek keseluruhan pada metode PERT dengan menggunakan Tabel Distribusi Normal.

$Z = (\text{batas waktu-waktu penyelesaian yang diharapkan}) / \text{deviasi standar proyek}$

$$Z = (21 - 14) / 1.772$$

$$Z = 7 / 1.772$$

$$Z = 3.950 \text{ (dari Tabel Z Distribusi Normal)}$$

$$= 0.99996 \times 100\%$$

$$= 99.96\%$$

Dari hasil yang di peroleh pada Kurva Distribusi Normal, nilai Z atau peluang 0.99996 berarti ada peluang 99,96% penyelesaian proyek dapat dicapai pada 14 hari.

KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah ditetapkan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

Aktivitas kritis pada kondisi awal dengan penyelesaian waktu 21 hari, 1 lintasan kritis dan 17 proses adalah *Design*, *material input*, inspeksi material, pola ukur untuk panel, Pelubangan Pembuatan panel, Perakitan pembuatan Panel, Welding Pembuatan Panel, Pengecatan Pembuatan panel, Pola Ukur untuk Busbar, Pengeboran Pembuatan Busbar, Pengecatan Busbar, Pemasangan Busbar, Pola Ukur untuk Luar Panel, Pengeboran Luar Panel, Perakitan Komponen Luar

Panel, Wairing (instalasi) Luar Panel, Finishing. Sementara untuk kondisi percepatan, waktu penyelesaian selama 14 hari (total percepatan 7 hari) dengan 3 lintasan kritis yang mencakup 20 proses produksi yang semua prosesnya masuk kelintasan kritis. Perbedaan waktu pengerjaan pada saat kondisi awal dan kondisi percepatan adalah 7 hari. Besar biaya saat kondisi awal sebesar Rp 52.972.500,- sedangkan setelah melakukan percepatan menghabiskan biaya proyek sebesar Rp 58.936.500,-. Nilai proyek yang dijalankan sebesar Rp 85.000.000,- dan apabila mengalami keterlambatan dalam pengerjaan akan dikenakan biaya *penalty* 10% yang besar uangnya sekitar Rp 8.500.000,- dengan demikian mendapatkan perbandingan antara kondisi percepatan lebih besar keuntungannya dengan nilai sebesar Rp 26.063.500,- dibandingkan dengan kondisi awal sebesar Rp 23.527.500,-. Dari perbandingan tersebut memiliki selisih antara kondisi awal dan percepatan ialah Rp 2.536.000,-.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnatha, M., 2004. Manajemen Proyek Konstruksi. Denpasar. Teknik Sipil Universiats Udayana Ervianto, Wulfran I.
- Agustina, I., 2012. Analisis Jadwal Pengiriman Vessel Dengan Metode Critical Path Netwoek (CPM) Di PT. Daekyung Indah Heavy Industri. Cilegon. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. (Tidak Publikasi)
- Kerzner, H., 1992. Proyek Management System Approach To Planning Scheduling And Control. Van Nostran Reinhold, New York.
- Santoso, B., 1997. Manajemen Proyek. Edisi Pertama, Penerbit PT. Guna Widya, Jakarat.
- Soeharto, I., 1999. Manajemen Proyek Dari Konseptual Operasional. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Geby, G., 2002. Analisis Konsep Cadangan Waktu Pada Penjadwalan Proyek Dengan Critical Path Method (Cpm). Jurnal Konstruksi Proyek Pembangunan. Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara.