

ANALISIS PENGENDALIAN WAKTU DAN BIAYA PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN DENGAN METODE CPM DAN PERT

I Nyoman Lokajaya

Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Email : lokajaya@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

Tujuan dari studi ini adalah (1) Mendapatkan rencana waktu penyelesaian pelaksanaan proyek, (2) Mendapatkan durasi optimal pelaksanaan proyek, (3) Mendapatkan total biaya pelaksanaan proyek.

Setelah dilakukan analisis, didapatkan bahwa (1) Rencana waktu penyelesaian pelaksanaan proyek 275 hari, (2) Waktu penyelesaian proyek sesuai rekayasa ulang *Network Planning* dengan metode CPM dan PERT, didapatkan waktu penyelesaian proyek 252 hari, dengan percepatan waktu terhadap Time Schedule original sebesar 23 hari, (3) Hasil rekayasa ulang terhadap *Network Planning* dengan metode PERT dihasilkan durasi optimal berdasarkan durasi (te) 252 hari, dengan rincian biaya upah tenaga percepatan Rp 51.262.500,00, Penghematan gaji karyawan dan biaya operasional sebesar Rp 50.715.000,00 sehingga selisih biaya percepatan 23 hari dan penghematannya sebesar Rp 547.500. Biaya total berdasarkan waktu optimal dari 275 hari sebesar Rp 24.972.450.794,11 menjadi 252 hari sebesar Rp 24.972.450.794,11 + Rp 547.500,00 = Rp 24.972.998.294,11

Kata kunci : CPM, PERT, peningkatan jalan

ABSTRACT

The objectives of the study are (1) Obtain the project completion time plan, (2) Obtain the optimal duration of the project implementation, (3) Obtain the total cost of project implementation.

After analysis, it was found that (1) Project completion time of 275 days, (2) Project completion time according to Network Planning with CPM and PERT method, got project completion time of 252 days, with acceleration time to original Time Schedule of 23 (3) The result of reengineering of Network Planning with PERT method resulted in optimum duration based on duration (te) 252 days, with details of acceleration wage cost Rp 51.262.500,00, employee salary and operational cost Rp 50.715.000, 00 so that the difference of acceleration costs 23 days and savings of Rp 547,500. Total cost based on optimal time of 275 days amounting to Rp 24,972,450,794,11 to 252 days amounting to Rp 24,972,450,794,11 + Rp 547,500,00 = Rp 24,972,998,294,11

Keywords: CPM, PERT, road improvement

PENDAHULUAN

Salah satu paket penanganan pekerjaan dalam wilayah Pelaksana Jalan Nasional Wilayah III Provinsi Kalimantan Tengah dalam tahun anggaran 2018 adalah Paket Peningkatan Jalan Bukit Batu-Lungkuh Layang – Kaliahen Provinsi Kalimantan Tengah. Meskipun penjadwalan telah disusun, namun pada praktiknya di lapangan masih sering timbul masalah dalam proses konstruksi yaitu sering terjadi keterlambatan penyelesaian proyek. Untuk mengembalikan tingkat kemajuan proyek ke rencana semula diperlukan suatu upaya percepatan durasi proyek walaupun akan diikuti meningkatnya biaya proyek. Oleh karena itu diperlukan analisis optimalisasi durasi proyek sehingga dapat diketahui berapa lama suatu proyek tersebut diselesaikan dan mencari adanya kemungkinan percepatan waktu pelaksanaan proyek dengan metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) dan CPM (*Critical Path Method - Metode Jalur Kritis*).

Tujuan dari studi ini adalah (1) Mendapatkan rencana waktu penyelesaian pelaksanaan proyek, (2) Mendapatkan durasi optimal pelaksanaan proyek, (3) Mendapatkan total biaya pelaksanaan proyek

MATERI DAN METODA

Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah suatu teknik yang digunakan untuk merencanakan, mengerjakan, dan mengendalikan aktivitas suatu proyek untuk memenuhi kendala waktu dan biaya proyek (Muslich, 2009). Teknik ini berorientasi pada pencapaian tujuan, di mana tujuan tersebut mungkin pembangunan gedung, pembukaan kantor baru, atau pengendalian kegiatan penelitian dan pengembangan.

Sedangkan manajemen proyek (PMBOK, 2004) adalah penerapan dari pengetahuan, keahlian, peralatan dan teknik dari aktifitas proyek untuk memenuhi persyaratan-persyaratan yang ada pada suatu proyek. Mengelola proyek meliputi:

1. Mengidentifikasi persyaratan
2. Mengatasi berbagai kebutuhan, keprihatinan, dan harapan para pemangku kepentingan sebagai proyek direncanakan dan dilaksanakan
3. Menyeimbangkan kendala-kendala yang termasuk namun tidak terbatas didalam proyek yaitu (*6 constraint*) :
 - a. *Scope* (lingkup pekerjaan),
 - b. *Quality* (Kualitas),
 - c. *Schedule* (jadwal),
 - d. *Budget* (anggaran),
 - e. *Resources* (sumber daya),
 - f. *Risk* (resiko)

Manajemen proyek merupakan perencanaan dan pengawasan (Parvizian, 2004). Manajemen proyek juga menjadi penjadwalan dan pengawasan dari kegiatan-kegiatan proyek untuk mencapai tujuan performansi, biaya dan waktu, untuk lingkup kerja yang telah ditentukan dengan menggunakan sumber daya secara efisien dan efektif.

Penjadwalan Model CPM (*Critical Path Method*)

Penjadwalan pada proyek konstruksi adalah menentukan lamanya waktu pelaksanaan kegiatan dalam suatu proyek dan urutan kegiatan yang logis dari tiap

kegiatan yang telah ditetapkan sebelumnya (Callahan, 1992). Dalam menyusun suatu jadwal proyek harus diketahui terlebih dahulu hal-hal seperti: penentuan kegiatan yang akan dilakukan, hubungan antar kegiatan, sumber daya yang dibutuhkan oleh setiap kegiatan, dan durasi dari setiap kegiatan.

Pada proyek konstruksi, pengertian 'durasi kegiatan' adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kegiatan dalam suatu proyek konstruksi. Setelah tiap-tiap kegiatan yang akan dilaksanakan dalam suatu proyek diketahui durasinya, maka durasi proyek secara keseluruhan dapat juga diketahui dari menggabungkan durasi tiap-tiap kegiatan dengan memperhatikan hubungan antara kegiatan dan sumber daya yang dibutuhkan.

Faktor-faktor yang memengaruhi durasi kegiatan pada dasarnya dapat dibagi menjadi 2 bagian (Kaming, 2000) yaitu:

- a. Faktor teknis, yang berhubungan langsung dengan pelaksanaan kegiatan. Yang termasuk dalam faktor teknis adalah: besar kecilnya volume pekerjaan, kualitas dan pengalaman tenaga kerja, jenis peralatan, ketersediaan peralatan di lokasi, kualitas dan jenis bahan, ketersediaan bahan di lokasi, kualitas bangunan yang tercantum dalam spesifikasi, tingkat kerumitan pekerjaan, luas ruangan untuk mengerjakan, letak tempat pengerjaan, jumlah tenaga kerja yang digunakan, penempatan tenaga kerja dalam satu kegiatan, ketergantungan antar kegiatan, adanya pekerjaan yang dilakukan secara bersamaan.
- b. Faktor non teknis, yang berhubungan dengan hal-hal di luar teknis pelaksanaan meliputi: kondisi cuaca, lokasi proyek, kondisi alam lokasi proyek, gaya kepemimpinan mandor/pengawas, hubungan antar pekerja dalam suatu kegiatan.

Jalur kritis untuk metode *critical path* (CPM) dapat dihitung dengan menghitung total durasi proyek. Jalur kritis merupakan deretan aktivitas kritis yang menentukan jangka waktu penyelesaian bagi keseluruhan proyek. Sedangkan aktivitas yang tergolong tidak kritis, jadwal harus menunjukkan banyaknya waktu mengambang (*slack*) yang dapat digunakan ketika aktivitas tertunda atau jika sumber daya yang terbatas digunakan secara efektif. *Float* atau *slack* merupakan sebuah hasil dari perhitungan jaringan kerja dengan menggunakan durasi aktivitas tunggal deterministik. Dan tidak ada hubungannya dengan variasi durasi aktivitas. Sebuah rantai aktivitas mendekati nol selama *critical path* mendekati *float* atau *slack* nol. Dan kemungkinan berlaku relatif terhadap rantai lainnya. Ide ini dapat mempertahankan jaringan kerja dari penggabungan jalur yang mana merupakan suatu bentuk ketidak normalan (Leach L.P, 2000).

Langkah-langkah dalam penjadwalan dengan metode *Critical Path*, adalah sebagai berikut:

1. Menentukan aktivitas individu.
2. Menentukan urutan aktivitas-aktivitas (hubungan keterkaitan antar aktivitas).
3. Menggambar diagram jaringan kerja.
4. Estimasi waktu penyelesaian tiap aktivitas.
5. Identifikasi jalur kritis.
6. Memperbarui diagram *Critical Path*.

Untuk menentukan lintasan kritis, digunakan program bantu *Microsoft Project*. *Microsoft Project* adalah sebuah aplikasi untuk mengelola suatu proyek. *Microsoft Project* merupakan sistem perencanaan yang dapat membantu dalam menyusun penjadwalan (*scheduling*) suatu proyek atau rangkaian pekerjaan. *Microsoft Project* juga mampu membantu melakukan pencatatan dan pemantauan terhadap penggunaan sumber daya (*resource*), baik yang berupa sumber daya manusia maupun yang berupa peralatan.

Yang dikerjakan oleh *Microsoft Project* antara lain: mencatat kebutuhan tenaga kerja pada setiap sektor, mencatat jam kerja para pegawai, jam lembur dan menghitung pengeluaran sehubungan dengan ongkos tenaga kerja, memasukkan biaya tetap, menghitung total biaya proyek, serta membantu mengontrol penggunaan tenaga kerja pada beberapa pekerjaan untuk menghindari *overallocation* (kelebihan beban pada penggunaan tenaga kerja) (Kusrianto, 2008).

Penjadwalan Model PERT

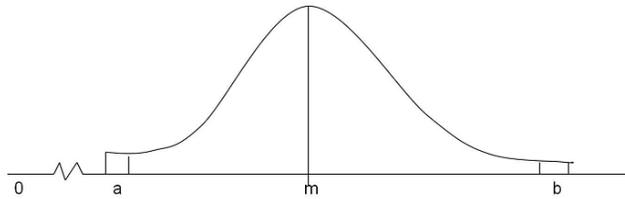
PERT atau Project Evaluation and Review Technique adalah sebuah model Management Science untuk perencanaan dan pengendalian sebuah proyek (Siswanto, 2007).

Teknik PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) adalah suatu metode yang bertujuan untuk mengurangi adanya penundaan, maupun gangguan produksi, serta mengkoordinasikan berbagai bagian suatu pekerjaan secara menyeluruh dan mempercepat selesainya proyek. Teknik ini memungkinkan dihasilkannya suatu pekerjaan yang terkendali dan teratur, karena jadwal dan anggaran dari suatu pekerjaan telah ditentukan terlebih dahulu sebelum dilaksanakan. Bila CPM memperkirakan waktu komponen kegiatan proyek dengan pendekatan deterministik satu angka yang mencerminkan adanya kepastian, maka PERT direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian (*uncertainty*) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan (Soeharto, 2001). Menurut Heizer dan Render (2005), dalam PERT digunakan distribusi peluang berdasarkan tiga perkiraan waktu untuk setiap kegiatan, antara lain waktu optimis, waktu pesimis, dan waktu realistis. Levin dan Kirkpatrick (1972) menjelaskan bahwa waktu optimis adalah perkiraan waktu yang mempunyai kemungkinan yang sangat kecil untuk dapat dicapai, kemungkinan terjadinya hanya satu kali dari 100, waktu pesimis adalah suatu perkiraan waktu yang lain yang mempunyai kemungkinan sangat kecil untuk dapat direalisasikan, kemungkinan terjadinya juga hanya satu kali dalam 100, sedangkan waktu realistis atau waktu yang paling mungkin adalah waktu yang berdasarkan pikiran estimator. Perkiraan waktu optimis dinyatakan oleh huruf a, waktu realistis oleh huruf m, dan waktu pesimis dinyatakan oleh huruf b.

Menurut Soeharto (1997), mengingat besarnya pengaruh angka-angka a, m, dan b dalam metode PERT, maka beberapa hal perlu diperhatikan dalam menentukan angka estimasi, diantaranya:

- a. Estimator perlu mengetahui fungsi dari a, m, dan b dalam hubungannya dengan perhitungan-perhitungan dan pengaruhnya terhadap metode PERT.
- b. Di dalam proses estimasi angka-angka a, m, dan b bagi masing-masing kegiatan, jangan sampai dipengaruhi atau dihubungkan dengan target kurun waktu penyelesaian proyek.
- c. Bila tersedia data pengalaman masa lalu (*historical record*), maka data demikian akan berguna untuk bahan pembandingan dan banyak membantu mendapatkan hasil yang lebih meyakinkan.

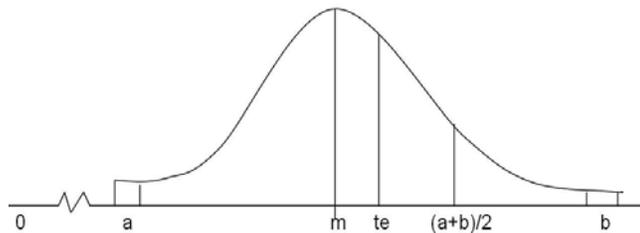
Dari kurva distribusi dapat dijelaskan arti a, b, dan m. Kurva waktu yang menghasilkan puncak kurva adalah m. Kurva a dan b terletak di pinggir kanan kiri dari kurva distribusi, yang menandai batas rentang waktu kegiatan.



Sumber : Danyanti, 2010

Gambar 1. Tiga Macam Taksiran Waktu pada Distribusi Beta

Ketiga angka perkiraan waktu tadi, yaitu a, b, m, dihubungkan menjadi satu angka yang disebut te atau kurun waktu yang diharapkan. Angka te adalah angka rata-rata jika kejadian tersebut dikerjakan berulang dalam jumlah besar. Dalam menentukan angka te dipakai asumsi bahwa kemungkinan terjadinya peristiwa optimis (a) dan pesimis (b) adalah sama, sedangkan jumlah waktu yang paling mungkin (m) adalah 4 kali lebih besar dari dua peristiwa lainnya



Sumber : Danyanti, 2010

Gambar 2. *Expected Value*, Nilai Tengah, a, m, dan b dalam Distribusi Beta

Kemudian diasumsikan pendekatan dari durasi rata-rata yang disebut *expected return* (te) dengan rumus sebagai berikut :

$$te = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (1)$$

Besarnya ketidakpastian tergantung pada besarnya angka a dan b, dirumuskan sebagai berikut :

$$S = \frac{1}{6}(b - a) \quad (2)$$

Varians kegiatan :

$$S^2 = \left(\frac{b - a}{6}\right)^2 \quad (3)$$

Untuk mengetahui kemungkinan mencapai target jadwal dapat dilakukan dengan menghubungkan antara waktu yang diharapkan (TE) dengan target T(d) yang dinyatakan dengan rumus :

$$z = \frac{T(d) - T(e)}{S} \quad (4)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Pelaksanaan Proyek

Data pelaksanaan proyek meliputi data Rencana Anggaran Biaya pekerjaan berupa uraian pekerjaan, satuan, kuantitas, harga satuan, jumlah harga dan bobot rencana proyek Peningkatan Struktur Jalan Bukit Batu-Lungkuh Layang-Kalahien sebagai berikut :

Tabel 1. RAB Peningkatan Jalan Bukit Batu - Lungkuh Layang - Kalahien

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	Bobot (%)
1.	Umum Mobilisasi	ls	1,00	209.306.805,84	209.306.805,84	0,838
2.	Drainase Galian untuk Selokan	m ³	1.538,19	50.385,00	77.501.703,15	0,310
3.	Drainase Pasangan Batu dengan Mortar	m ³	111,48	1.126.190,00	125.547.661,20	0,503
4.	Pekerjaan Tanah Timbunan Dari Sumber Galian	m ³	2.565,93	225.775,00	579.322.845,75	2,320
5.	Timbunan Pilihan	m ³	12,00	445.044,00	5.340.528,00	0,021
6.	Penyiapan Badan Jalan	m ²	15.192,00	4.483,00	68.105.736,00	0,273
7.	Pelebaran Perkerasan Jalan Lapis Pondasi Agregat Kelas S	m ³	1.974,96	766.305,00	1.513.421.722,80	6,076
8.	Perkerasan Berbutir Semen Untuk CTRB.	ton	1.498,62	1.661.771,00	2.490.363.256,02	9,720
9.	Lapisan CTRB	m ³	8.373,75	765.633,00	6.411.219.333,75	25,673
			2.450,55	648.070,00	1.588.127.938,50	6,360
10.	Perkerasan Aspal Lapis Perekat - Aspal Cair	ltr	16.901,10	14.277,00	241.297.004,70	0,966
11.	Lataston Lapis Aus HRS-WC	ton	1.931,28	1.629.309,00	3.146.651.885,52	12,601
12.	Lataston Lapis Pondasi HRS-Base	ton	2.879,26	1.439.642,00	4.145.103.624,92	15,899
13.	Anti Stripping Egent	kg	376,73	91.000,00	34.282.430,00	0,137
14.	Struktur Beton Mutu Sedang fc=20 Mpa	m ³	288,65	1.734.739,00	500.732.412,35	2,005
15.	Beton Mutu Rendah fc=10 Mpa	m ³	3,24	1.439.556,00	4.664.161,44	0,019
16.	Baja Tulangan U 24 Polos	kg	15.643,79	23.676,00	370.382.372,04	1,483
17.	Pasangan Batu	m ³	395,25	1.252.120,00	494.900.430,00	1,982
18.	Pengembalian Kondisi Pekerjaan Minor Lapis Pondasi Aggrete A Minor	m ³	486,09	806.032,00	391.804.094,88	1,569
19.	Aspal Untuk Pekerjaan Minor	m ³	693,55	3.271.091,00	2.268.665.163,05	9,085
20.	Marka Jalan Termoplastik	m ²	1.445,72	208.729,00	301.763.689,88	1,208
A. Jumlah Harga Pekerjaan					24.972.450.794,11	100,000
B. Pajak Pertambahan Nilai (PPn) = 10% x A					2.497.245.079,41	
C. Jumlah Total Harga = A + B					27.469.695.873,52	
D. Dibulatkan					27.469.695.000,00	

Sumber: Bill Quantity Kontrak Proyek

Dari tabel 1 didapatkan biaya pekerjaan yang paling dominan adalah pekerjaan perkerasan aspal, yang meliputi Lapisan *Cement Treated Recycling Base*, Lataston Lapis Pondasi HRS-Base, Lataston Lapis Aus HRS-WC, Semen Untuk CTRB dan Aspal Untuk Pekerjaan Minor, dengan bobot pekerjaan 70,64% dari keseluruhan biaya proyek. Kemudian dibuat distribusi bobot dalam jadwal rencana kegiatan peningkatan struktur jalan dan perhitungan rencana kemajuan kegiatan dengan rumus :

$$\text{Rencana Kemajuan (\%)} = \frac{\text{Biaya Kegiatan yang Sudah Terpakai}}{\text{Biaya Proyek}} \times 100\%$$

Meskipun penjadwalan telah disusun, namun pada praktiknya di lapangan masih sering timbul masalah dalam proses konstruksi yaitu sering terjadi keterlambatan penyelesaian proyek. Keterlambatan ini berpotensi menjadi sumber perselisihan dan tuntutan antara pemilik dan kontraktor sehingga keterlambatan proyek akan menjadi sangat mahal nilainya ditinjau dari sisi kontraktor maupun pemilik.

Beberapa hal yang menyebabkan terjadi keterlambatan adalah:

1. Kontraktor memiliki banyak paket, sementara peralatannya terbatas.
2. Peraturan operasional kurang disiplin, sehingga kerusakan peralatan tidak segera diperbaiki

Pelaksanaan proyek ini mengalami keterlambatan, pengendalian harus dilakukan agar keterlambatan waktu akhir pelaksanaan dapat dicegah. Waktu pelaksanaan selama bulan Oktober 2017, progres fisik pekerjaan mencapai hanya sebesar 83% dari rencana progress sebesar 94,1%. Untuk mengembalikan tingkat kemajuan proyek ke rencana semula diperlukan suatu upaya percepatan durasi proyek walaupun akan diikuti meningkatnya biaya proyek. Oleh karena itu diperlukan analisis optimalisasi durasi proyek sehingga dapat diketahui berapa lama suatu proyek tersebut diselesaikan dan mencari adanya kemungkinan percepatan waktu pelaksanaan proyek dengan metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) dan CPM (*Critical Path Method* - Metode Jalur Kritis).

Perencanaan dan Pengendalian Proyek Dengan Metode CPM

Pengendalian proyek dengan metode CPM, metode CPM akan cukup membantu para manajer proyek dalam mengendalikan kelancaran proyek, dengan CPM manajer proyek dapat mengetahui saling ketergantungan antara item pekerjaan yang satu dengan item pekerjaan yang lainnya, seberapa besar waktu yang tersedia untuk item pekerjaan tersebut dapat terlambat atau kelonggaran waktu yang tersedia dan seberapa besar waktu yang tersedia item pekerjaan dapat dipercepat tanpa harus menambah biaya yang dapat mengurangi target profit yang direncanakan.

Langkah-langkah pengendalian proyek dengan metode CPM adalah :

1. Pembuatan jadwal kegiatan dengan *Microsoft Project*

Tabel 2. Jadwal Kegiatan Dengan *Microsoft Project*

ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	Mobilisasi	23 days	Thu 3/23/18	Fri 4/14/18	
2	Galian Saluran Drainase	30 days	Sat 4/15/18	Sun 5/14/18	1
3	Pasangan Batu Dengan Mortar	42 days	Mon 5/15/18	Sun 6/25/18	1,2
4	Timbunan Tanah Biasa	30 days	Sat 4/15/18	Sun 5/14/18	1
5	Timbunan Tanah Pilihan	28 days	Sat 4/15/18	Fri 5/12/18	1
6	Penyiapan Badan Jalan	28 days	Mon 5/8/18	Sun 6/4/18	4SS+23 days,2SS+23 days,1
7	Lapis Pondasi Aggregate Kelas S Bahu Jalan	45 days	Mon 10/16/18	Wed 11/29/18	11,13,3,4,5,14,1,2,6,8,9,10,17
8	Semen CTRB	60 days	Mon 6/5/18	Thu 8/3/18	6,1,2,4
9	Lapis CTRB	60 days	Mon 6/5/18	Thu 8/3/18	6,1,2,4
10	Lapis Perekat	14 days	Fri 9/15/18	Thu 9/28/18	8,9,1,2,4,6,12
11	HRS-WC	31 days	Fri 9/15/18	Sun 10/15/18	12,1,2,4,8,9
12	HRS-BASE	42 days	Fri 8/4/18	Thu 9/14/18	8,9,1,2,4,6
13	Additive Anti Stripping	31 days	Fri 9/15/18	Sun 10/15/18	12,1,2,4,6,8,9
14	Beton Mutu Sedang Fc'=20 Mpa	30 days	Sat 7/1/18	Sun 7/30/18	16,1
15	Beton Mutu Rendah Fc'=10 Mpa	14 days	Thu 6/1/18	Wed 6/14/18	1

ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
16	Baja Tulangan U 24	16 days	Thu 6/15/18	Fri 6/30/18	15
17	Pasangan Batu	44 days	Mon 5/15/18	Tue 6/27/18	1
18	Lapis Pondasi Agregat Kelas A untuk Pekerjaan Minor	75 days	Mon 5/1/18	Fri 7/14/18	1
19	Campuran Aspal Panas	100 days	Sat 7/29/18	Sun 11/5/18	18,1
20	Marka Jalan	24 days	Mon 11/6/18	Wed 11/29/18	7SS+21 days,19,1,3,4,6,8,9,12,13,11,17

Sumber : Tabel 1

2. Pembuatan Diagram *Network Planning*

Dari jadwal kegiatan tersebut kemudian dibuat diagram *network planning*. Pengisian nilai diagram tersebut dilakukan :

Perhitungan maju, yaitu :

- Saat paling awal untuk terjadinya kegiatan (*event*) yang pertama dari jaringan kerja disamakan dengan nol ($SA = 0$),
- Tiap-tiap aktivitas mulai paling awalnya (MA) disamakan dengan saat paling awal terjadinya ($MA = SA$),
- Jadi, $BA = MA + d = SA + d$
- Untuk merge event, saat mulai paling awal terjadinya disamakan dengan harga terbesar dari saat berakhir paling awal dari aktivitas-aktivitas sebelumnya

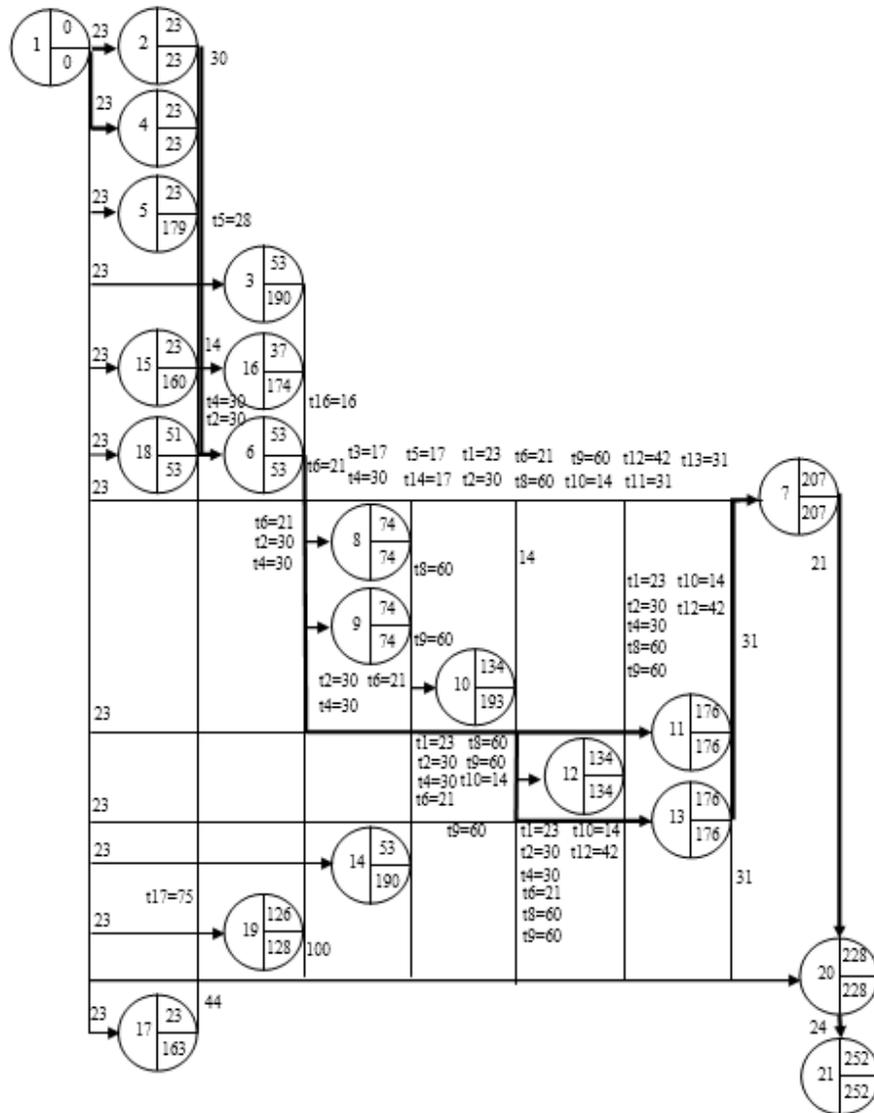
Perhitungan mundur

Sesudah langkah cara perhitungan maju selesai dilakukan sampai event yang terakhir, maka untuk pengecekan perlu dilakukan perhitungan mundur dimana perlu diperhatikan pokok-pokok pedoman utama sebagai berikut :

- Saat paling lambat yang diijinkan pada event terakhir dari jaringan kerja disamakan dengan saat paling awal untuk event tersebut yang didapat dari cara perhitungan maju ($S = SA$).
- Saat mulai paling lambat yang diijinkan untuk suatu aktivitas adalah (ML) sama dengan saat berakhir paling lambat (SL) yang diijinkan untuk kejadian berikutnya dikurangi waktu pelaksanaan aktivitas tersebut (d).

$$BA = MA + d = SA + d$$

Untuk *Burst event*, saat paling lambat yang diijinkan untuk terjadinya suatu event sama dengan harga terkecil dari saat mulai paling lambat yang diijinkan untuk aktivitas-aktivitas sesudahnya.



Sumber : Tabel 2

Gambar 3. Diagram *Network Planning* Peningkatan Jalan Bukit Batu - Lungkuh Layang – Kaliahen Provinsi Kalimantan Tengah Dengan Metode CPM

Pada gambar 3 menunjukkan setelah dilakukan rekayasa ulang, perhitungan maju dan perhitungan mundur, untuk jadwal pelaksanaan peningkatan jalan Bukit Batu - Lungkuh Layang - Kaliahen dapat diselesaikan selama 252 hari, pekerjaan dapat dipercepat 23 hari atau 8,36% dari waktu jadwal awal pelaksanaan pekerjaan yang dilakukan selama 275 hari kalender.

Dari perhitungan maju dan mundur tersebut, beberapa aktivitas lintasan kritis didapatkan sebagai berikut:

Lintasan Kritis 1-2-6-8-12-13-7-20

Lintasan Kritis 1-2-6-8-12-11-7-20

Lintasan Kritis 1-2-6-9-12-13-7-20

Lintasan Kritis 1-4-6-9-12-11-7-20

Lintasan Kritis 1-4-6-8-12-13-7-20

Lintasan Kritis 1-4-6-8-12-11-7-20

Lintasan Kritis 1-4-6-9-12-13-7-20

Lintasan Kritis 1-4-6-9-12-11-7-20

Nama aktivitas kritis diidentifikasi sebagai berikut :

Tabel 3. Nama Aktivitas Kritis Dengan Metode CPM

ID	Task Name	Duration	Start	Finish
1	Mobilisasi	23 days	Thu 3/23/18	Fri 4/14/18
2	Galian Saluran Drainase	30 days	Sat 4/15/18	Sun 5/14/18
4	Timbunan Tanah Biasa	30 days	Sat 4/15/18	Sun 5/14/18
6	Penyiapan Badan Jalan	28 days	Mon 5/8/18	Sun 6/4/18
7	Lapis Pondasi Aggregate Kelas S Bahu Jalan	45 days	Mon 10/16/18	Wed 11/29/18
8	Semen CTRB	60 days	Mon 6/5/18	Thu 8/3/18
9	Lapis CTRB	60 days	Mon 6/5/18	Thu 8/3/18
11	Lataston lapis aus (HRS-WC)	31 days	Fri 9/15/18	Sun 10/15/18
12	Lataston lapis pondasi (HRS-BASE)	42 days	Fri 8/4/18	Thu 9/14/18
13	Additive Anti Stripping	31 days	Fri 9/15/18	Sun 10/15/18
20	Marka Jalan	24 days	Mon 11/6/18	Wed 11/29/18

Sumber : Gambar 3

Perencanaan dan Pengendalian Proyek Dengan Metode PERT

Jadwal pelaksanaan proyek dengan metode PERT berkaitan dengan metode estimasi waktu penyelesaian untuk setiap item pekerjaan, estimasi tersebut akan mempertimbangkan batasan-batasan keinginan pemilik proyek tersebut, antara lain Proyek dapat selesai tepat waktu, tepat mutu, tepat biaya dan tertib administrasi. Untuk tujuan tersebut maka metode PERT menerapkan estimasi waktu penyelesaian setiap item pekerjaan dengan menggunakan, waktu/durasi optimis, waktu / durasi paling mungkin (realistis) dan waktu/durasi pesimis. Pada paket proyek Peningkatan Struktur Jalan Ruas Bukit Batu – Lungkuh Layang – Kalahien dengan segala kendala yang ada, penulis mencoba menganalisis/melakukan penelitian penerapan *Network Planning* metode CPM dan PERT yang mungkin dapat menjadi satu metode pendekatan penyelesaian masalah pekerjaan tersebut.

1. Estimasi Waktu Dengan Metode PERT

Berdasarkan data yang ada dari kontraktor, PPK dan konsultan maka hasil analisa waktu optimis, waktu yang paling mungkin dan waktu pesimis sebagai berikut:

Tabel 4. Estimasi Waktu Dengan Metode PERT

No	Pekerjaan	Durasi yang		
		Durasi Optimis (a) (Hari)	Paling Mungkin (m) (Hari)	Durasi Pesimis (b) (Hari)
I. Umum				
1.	Mobilisasi	23	23	23
II. Drainase				
2.	Galian Saluran Drainase	30	30	30
3.	Pasangan Batu Dengan Mortar	42	42	42
III. Pekerjaan Tanah				
4.	Timbunan Tanah Biasa	30	30	30
5.	Timbunan Tanah Pilihan	28	28	28
6.	Penyiapan Badan Jalan	23	28	33
IV Pelebaran Perkerasan Dan Bahu Jalan				
7.	Lapis Pondasi Aggregate Kelas S	43	45	47
V. Perkerasan Berbutir				
8.	Semen Untuk CTRB	55	60	65
9.	Lapis Untuk CTRB	55	60	65

No	Pekerjaan	Durasi yang		
		Durasi Optimis (a) (Hari)	Paling Mungkin (m) (Hari)	Durasi Pesimis (b) (Hari)
VI. Perkerasan Aspal				
10.	Lapis Perekat	14	14	14
11.	Lataston lapis aus (HRS-WC)	24	31	38
12.	Lataston lapis pondasi (HRS-BASE)	38	42	46
13.	Additive Anti Stripping	24	31	38
VII. Struktur				
14.	Beton Mutu Sedang Fc'=20 Mpa	30	30	30
15.	Beton Mutu Rendah Fc'=10 Mpa	14	14	14
16.	Baja Tulangan U 24	16	16	16
VIII. Pengembalian Kondisi Pekerjaan Minor				
17.	Pasangan Batu	44	44	44
18.	Lapis Pondasi Agregat Kelas A untuk Pekerjaan Minor	75	75	75
19.	Campuran Aspal Panas	100	100	100
20.	Marka Jalan Thermoplastik	24	24	24

Sumber: Hasil Perhitungan

Selanjutnya dihitung nilai t_e (waktu yang diharapkan) sesuai rumus:

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

dimana :

t_e =waktu yang diharapkan.

a =waktu optimis.

b =waktu pesimis.

m =waktu paling mungkin

Didapatkan hasil t_e sebagai berikut :

Tabel 5. Nilai waktu yang diharapkan (t_e)

No	Pekerjaan	Durasi			t_e
		Optimis (Hari) (a)	Paling Mungkin (Hari) (m)	Pesimis (Hari) (b)	
I. Umum					
1.	Mobilisasi	23	23	23	23
II. Drainase					
2.	Galian Saluran Drainase	30	30	30	30
3.	Pasangan Batu Dengan Mortar	42	42	42	42
III. Pekerjaan Tanah					
4.	Timbunan Tanah Biasa	30	30	30	30
5.	Timbunan Tanah Pilihan	28	28	28	28
6.	Penyiapan Badan Jalan	23	28	33	28
IV. Pelebaran Perkerasan Dan Bahu Jalan					
7.	Lapis Pondasi Aggregate Kelas S	43	45	47	45
V. Perkerasan Berbutir					
8.	Semen Untuk CTRB	55	60	65	60
9.	Lapis Untuk CTRB	55	60	65	60
VI. Perkerasan Aspal					
10.	Lapis Perekat	14	14	14	14
11.	Lataston lapis aus (HRS-WC)	24	31	38	31
12.	Lataston lapis pondasi (HRS-BASE)	38	42	46	42
13.	Additive Anti Stripping	24	31	38	31
VII. Struktur					
14.	Beton Mutu Sedang Fc'=20 Mpa	30	30	30	30
15.	Beton Mutu Rendah Fc'=10 Mpa	14	14	14	14
16.	Baja Tulangan U 24	16	16	16	16
VIII. Pengembalian Kondisi Pekerjaan Minor					

No	Pekerjaan	Durasi			te
		Optimis (Hari) (a)	Paling Mungkin (Hari) (m)	Pesimis (Hari) (b)	
17.	Pasangan Batu	44	44	44	44
18.	Lapis Pondasi Agregat Kelas A untuk Pekerjaan Minor	75	75	75	75
19.	Campuran Aspal Panas	100	100	100	100
20.	Marka Jalan Thermoplastik	24	24	24	24

Sumber: Tabel 4

Untuk mendapatkan diagram *Network Planning* metode PERT berdasarkan durasi dari rumus te maka dibuat langkah urutan prosedur kerja sesuai aturan teknis, mana pekerjaan yang mendahuluinya dan mana pekerjaan yang dapat dikerjakan secara bersamaan maka masing-masing item pekerjaan dianalisis ketergantungannya terhadap item pekerjaan satu dengan lainnya, sebagai berikut:

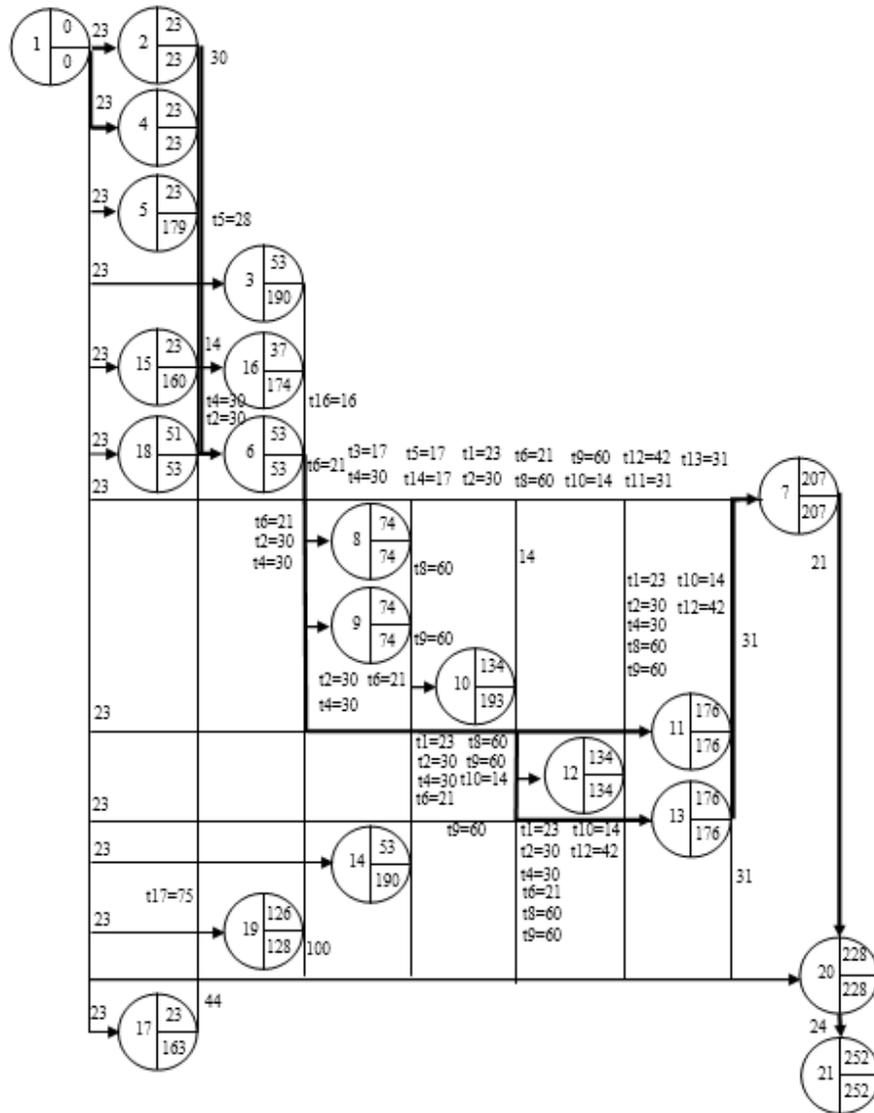
Tabel 6. Jadwal Kegiatan Berdasarkan Waktu yang Diharapkan (te)

ID	Task Name	Duration (te)	Start	Finish	Predecessors
1	Mobilisasi	23 days	Thu 3/23/18	Fri 4/14/18	
2	Galian Saluran Drainase	30 days	Sat 4/15/18	Sun 5/14/18	1
3	Pasangan Batu Dengan Mortar	42 days	Mon 5/15/18	Sun 6/25/18	1,2
4	Timbunan Tanah Biasa	30 days	Sat 4/15/18	Sun 5/14/18	1
5	Timbunan Tanah Pilihan	28 days	Sat 4/15/18	Fri 5/12/18	1
6	Penyiapan Badan Jalan	28 days	Mon 5/8/18	Sun 6/4/18	4SS+23 days, 2SS+23 days, 1
7	Lapis Pondasi Agregat Kelas S Bahu Jalan	45 days	Mon 10/16/18	Wed 11/29/18	11,13,3,4,5,14,1,2,6,8,9,10,17
8	Semen CTRB	60 days	Mon 6/5/18	Thu 8/3/18	6,1,2,4
9	Lapis CTRB	60 days	Mon 6/5/18	Thu 8/3/18	6,1,2,4
10	Lapis Perekat	14 days	Fri 9/15/18	Thu 9/28/18	8,9,1,2,4,6,12
11	Lataston lapis aus (HRS-WC)	31 days	Fri 9/15/18	Sun 10/15/18	12,1,2,4,8,9
12	Lataston lapis pondasi (HRS-BASE)	42 days	Fri 8/4/18	Thu 9/14/18	8,9,1,2,4,6
13	Additive Anti Stripping	31 days	Fri 9/15/18	Sun 10/15/18	12,1,2,4,6,8,9
14	Beton Mutu Sedang $F_c=20$ Mpa	30 days	Sat 7/1/18	Sun 7/30/18	16,1
15	Beton Mutu Rendah $F_c=10$ Mpa	14 days	Thu 6/1/18	Wed 6/14/18	1
16	Baja Tulangan U 24	16 days	Thu 6/15/18	Fri 6/30/18	15
17	Pasangan Batu	44 days	Mon 5/15/18	Tue 6/27/18	1
18	Lapis Pondasi Agregat Kelas A untuk Pekerjaan Minor	75 days	Mon 5/1/18	Fri 7/14/18	1
19	Campuran Aspal Panas	100 days	Sat 7/29/18	Sun 11/5/18	18,1
20	Marka Jalan	24 days	Mon 11/6/18	Wed 11/29/18	7SS+21 days, 19,1,3,4,6,8,9,12,13,11,17

Sumber: Tabel 4

2. Pembuatan *Network Planning*

Dengan tersusunnya aktivitas item pekerjaan sesuai prosedur kerja secara teknis dan durasi (te) maka rekayasa ulang *Network Planning* sesuai metode PERT, diagram *Network* dapat dibuat.



Sumber : Tabel 6

Gambar 4. Diagram *Network Planning* Peningkatan Jalan Bukit Batu - Lungkuh Layang – Kaliahen Provinsi Kalimantan Tengah Dengan Metode PERT

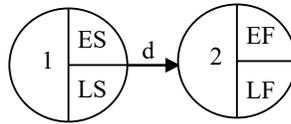
Pada gambar 4. menunjukkan rekayasa ulang, perhitungan maju dan perhitungan mundur, untuk jadwal pelaksanaan peningkatan jalan Bukit Batu - Lungkuh Layang - Kaliahen dapat diselesaikan selama 252 hari, pekerjaan dapat dipercepat 23 hari atau 8,36% dari waktu jadwal awal pelaksanaan pekerjaan yang dilakukan selama 275 hari kalender.

3. Perhitungan Kelonggaran Waktu

Selanjutnya dilakukan perhitungan kelonggaran waktu (*float/slack*) dari aktivitas (i,j), yang terdiri atas total float dan *free float*.

Total float adalah jumlah waktu di mana waktu penyelesaian suatu aktivitas dapat diundur tanpa mempengaruhi saat paling cepat dari penyelesaian pekerjaan secara keseluruhan, karena itu total float ini dihitung dengan cara mencari selisih antara saat

paling lambat dimulainya aktivitas dengan saat paling cepat dimulainya aktivitas (LS-ES), atau bisa juga dengan mencari selisih antara saat paling lambat diselesaikannya aktivitas dengan saat paling cepat diselesaikannya aktivitas (LF-EF). Dalam hal ini cukup dipilih salah satu saja.



Keterangan :

ES : Mulai terdahulu

LS : Mulai terakhir

EF : Selesai terdahulu

LF : Selesai terakhir

1,2 : Nama kegiatan

Jika digunakan persamaan $S = LS - ES$, maka total float aktivitas (i,j) adalah $S_{(i,j)} = LS_{(j)} - ES_{(i)}$. Dari perhitungan mundur diketahui, bahwa $LS_{(i,j)} = TL_{(j)} - t_{(i,j)}$. Sedangkan dari perhitungan maju $ES_{(i,j)} = TE_{(i)}$, maka $S_{(i,j)} = TL_{(j)} - t_{(i,j)} - TE_{(i)}$.

Jika digunakan persamaan $S = LF - EF$, maka total float aktivitas (i,j) adalah $S_{(i,j)} = LF_{(j)} - EF_{(i)}$. Dari perhitungan maju diketahui, bahwa $EF_{(i,j)} = TE_{(i)} + t_{(i,j)}$. Sedangkan dari perhitungan mundur $LF_{(i,j)} = TL_{(i)}$, maka $S_{(i,j)} = TL_{(j)} - TE_{(i)} - t_{(i,j)}$.

Free float adalah jumlah waktu di mana penyelesaian aktivitas dapat diukur tanpa mempengaruhi saat paling cepat dari dimulainya aktivitas yang lain atau saat paling cepat terjadinya event lain pada network.

Free float aktivitas (i,j) dihitung dengan cara mencari selisih antara saat tercepat terjadinya event di ujung aktivitas dengan saat tercepat diselesaikannya aktivitas (i,j) tersebut. Atau $SF_{(i,j)} = TE_{(j)} - EF_{(i,j)}$. Dari perhitungan maju didapat $EF_{(i,j)} = TE_{(i)} + t_{(i,j)}$, maka $SF_{(i,j)} = TE_{(j)} - TE_{(i)} - t_{(i,j)}$.

Dari diagram *network planning* didapatkan kelonggaran waktu sebagai berikut :

Tabel 7. Kelonggaran Waktu

Aktivitas i - j	Durasi (hari)	Paling Cepat		Paling Lambat		Total	Free Float SF
	$t_{(i,j)}$	Mulai ES	Selesai EF	Mulai LS	Selesai LF	Float S	
	a	b	c	d	e	f=c-b-a	g=e-d-a
* 1 - 2	23	0	23	0	23	0	0
1 - 3	23	0	53	0	190	30	167
* 1 - 4	23	0	23	0	23	0	0
1 - 5	23	0	23	0	190	0	167
1 - 6	23	0	53	0	53	30	30
1 - 7	23	0	207	0	207	184	184
1 - 8	23	0	74	0	74	51	51
1 - 9	23	0	74	0	74	51	51
1 - 10	23	0	134	0	193	111	170
1 - 11	23	0	176	0	176	153	153
1 - 12	23	0	134	0	134	111	111
1 - 13	23	0	176	0	176	153	153
1 - 14	23	0	53	0	190	30	167
1 - 15	23	0	23	0	160	0	137
1 - 17	23	0	23	0	163	0	140
1 - 18	23	0	51	0	53	28	30
1 - 19	23	0	128	0	126	105	103
1 - 20	23	0	228	0	228	205	205

Aktivitas i - j	Durasi	Paling Cepat		Paling Lambat		Total	Free Float SF
	(hari)	Mulai	Selesai	Mulai	Selesai	Float	
	$t_{(i-j)}$	ES	EF	LS	LF	S	
	a	b	c	d	e	$f=c-b-a$	$g=e-d-a$
2 - 3	30	23	53	23	190	0	137
* 2 - 6	30	23	53	23	53	0	0
2 - 7	30	23	207	23	207	154	154
2 - 8	30	23	74	23	74	21	21
2 - 9	30	23	74	23	74	21	21
2 - 10	30	23	234	23	193	181	140
2 - 11	30	23	176	23	176	123	123
2 - 12	30	23	134	23	74	81	21
2 - 13	30	23	176	23	176	123	123
3 - 7	17	53	207	190	207	137	0
3 - 20	17	53	228	190	228	158	21
4 - 8	30	23	74	23	74	21	21
4 - 9	30	23	74	23	74	21	21
4 - 10	30	23	134	23	193	81	140
4 - 11	30	23	176	23	176	123	123
4 - 12	30	23	134	23	134	81	81
4 - 13	30	23	176	23	176	123	123
4 - 20	30	23	228	23	228	175	175
5 - 7	28	23	207	179	207	156	0
6 - 7	21	53	207	53	207	133	133
* 6 - 8	21	53	74	53	74	0	0
6 - 9	21	25	46	138	237	0	78
6 - 10	21	25	46	207	228	0	0
6 - 12	21	115	255	237	331	119	73
6 - 13	21	53	176	53	176	102	102
6 - 20	21	53	228	53	228	154	154
* 7 - 20	21	207	228	207	228	0	0
8 - 7	60	74	207	74	207	73	73
8 - 10	60	74	134	74	193	0	59
8 - 11	60	74	176	74	176	42	42
* 8 - 12	60	74	134	74	134	0	0
8 - 13	60	74	176	74	176	42	42
8 - 20	60	74	228	74	228	94	94
9 - 7	60	74	207	74	207	73	73
9 - 11	60	74	176	74	176	42	42
9 - 13	60	74	176	74	176	42	42
9 - 20	60	74	228	74	228	94	94
10 - 7	14	134	207	193	207	59	0
* 11 - 7	31	176	207	176	207	0	0
11 - 20	31	176	228	176	228	21	21
* 12 - 13	42	134	176	134	176	0	0
12 - 20	42	134	228	134	228	52	52
* 13 - 7	31	176	207	176	207	0	0
13 - 20	31	176	228	176	228	21	21

Sumber : Gambar 4

Suatu aktivitas yang tidak mempunyai kelonggaran (float) disebut aktivitas kritis. Sehingga aktivitas kritis mempunyai nilai $ES=LS$, $EF=LF$ dan $S=SF=0$. Pada perhitungan tersebut, beberapa aktivitas lintasan kritis didapatkan sebagai berikut:

Lintasan Kritis 1-2-6-8-12-13-7-20 = $23+30+21+60+42+31+21+24 = 252$ hari

Lintasan Kritis 1-2-6-8-12-11-7-20 = $23+30+21+60+42+31+21+24 = 252$ hari

Lintasan Kritis 1-2-6-9-12-13-7-20 = $23+30+21+60+42+31+21+24 = 252$ hari

Lintasan Kritis 1-4-6-9-12-11-7-20 = $23+30+21+60+42+31+21+24 = 252$ hari

Lintasan Kritis 1-4-6-8-12-13-7-20 = $23+30+21+60+42+31+21+24 = 252$ hari

Lintasan Kritis 1-4-6-8-12-11-7-20 = $23+30+21+60+42+31+21+24 = 252$ hari

Lintasan Kritis 1-4-6-9-12-13-7-20 = $23+30+21+60+42+31+21+24 = 252$ hari

Lintasan Kritis 1-4-6-9-12-11-7-20 = 23+30+21+60+42+31+21+24 = 252 hari

Tabel 8. Nama Aktivitas Kritis Dengan Metode PERT

ID	Task Name	Duration	Start	Finish
1	Mobilisasi	23 days	Thu 3/23/18	Fri 4/14/18
2	Galian Saluran Drainase	30 days	Sat 4/15/18	Sun 5/14/18
4	Timbunan Tanah Biasa	30 days	Sat 4/15/18	Sun 5/14/18
6	Penyiapan Badan Jalan	28 days	Mon 5/8/18	Sun 6/4/18
7	Lapis Pondasi Aggregate Kelas S Bahu Jalan	45 days	Mon 10/16/18	Wed 11/29/18
8	Semen CTRB	60 days	Mon 6/5/18	Thu 8/3/18
9	Lapis CTRB	60 days	Mon 6/5/18	Thu 8/3/18
11	Lataston lapis aus (HRS-WC)	31 days	Fri 9/15/18	Sun 10/15/18
12	Lataston lapis pondasi (HRS-BASE)	42 days	Fri 8/4/18	Thu 9/14/18
13	Additive Anti Stripping	31 days	Fri 9/15/18	Sun 10/15/18
20	Marka Jalan	24 days	Mon 11/6/18	Wed 11/29/18

Sumber: Hasil Olahan Peneliti

4. Menentukan nilai standar deviasi dan varian kegiatan

Berdasarkan hitungan metode PERT, dengan durasi waktu penyelesaian proyek 252 hari kalender dan didapatkan lintasan kritis pada diagram *Network Planning* adalah lintasan dengan nilai Free Float/Slack = 0 adalah 1, 2, 6, 8, 9, 12, 11, 7, 20. Pekerjaan 8 adalah Semen untuk CTRB dilaksanakan bersamaan waktunya dengan pekerjaan Lapisan CTRB. Semen dihampar untuk bahan *recycling* dalam kontrak dibayar tersendiri, sehingga lintasan kritis yang dianalisis adalah : 1, 2, 6, 9, 12, 11, 7, 20. Kemudian dihitung nilai standar deviasi dan nilai varian kegiatan dari masing – masing lintasan kritis tersebut.

Rumus standar deviasi kegiatan:

$$S = \frac{1}{6}(b - a)$$

Rumus varians kegiatan :

$$S^2 = V(te) = \left(\frac{b - a}{6}\right)^2$$

Tabel 9. Nilai Standar Deviasi dan Varians Kegiatan

No.	Pekerjaan	a	m	b	te	S	V(te)
I. Umum							
1.	Mobilisasi	23	23	23	23	0,00	0,00
II. Drainase							
2.	Galian Saluran Drainase	30	30	30	30	0,00	0,00
III. Pekerjaan Tanah							
6.	Penyiapan Badan Jalan	23	28	33	28	1,67	2,78
IV. Pelebaran Perkerasan Dan Bahu Jalan							
7.	Lapis Pondasi Aggregate Kelas S Bahu Jalan	43	45	47	45	0,67	0,44
V. Perkerasan Berbutir							
9.	Lapis Untuk CTRB	55	60	65	60	1,67	2,78
VI. Perkerasan Aspal							
11.	Lataston lapis aus (HRS-WC)	24	31	38	31	2,33	5,44
12.	Lataston lapis pondasi (HRS-BASE)	38	42	46	42	1,33	1,78
VIII. Pengembalian Kondisi Pekerjaan Minor							
20.	Marka Jalan Thermoplastik	24	24	24	24	0,00	0,00
Jumlah						7,67	13,22

Sumber: Hasil Olahan Peneliti

Dari tabel 9 dapat diketahui nilai total varians ($\Sigma V(te)$)=13,22 dan standar deviasi (S) = 7,67. Dari sifat kurva distribusi normal dimana area berada dalam interval (TE - 3S) dan (TE + 3S) maka besar rentang 3S adalah $3 \times 7,67 = 23,00$. Maka kurun waktu penyelesaian proyek adalah 252 ± 23 hari. Perkiraan penyelesaian proyek paling cepat adalah $252 - 23 = 229$ hari, perkiraan penyelesaian proyek paling lambat adalah $252 + 23 = 275$ hari. Jika dalam hal ini target yang ingin dicapai adalah kurun waktu yang paling cepat, maka nilai $T(d) = 229$ hari.

Kemungkinan/ketidakpastian mencapai target jadwal pada metode PERT dinyatakan dengan z :

$$\text{Deviasi } z = \frac{T(d) - T(e)}{S}$$

$$\text{Deviasi } z = \frac{T(d) - T(e)}{S} = \frac{229 - 252}{7,67} = -3,00$$

Dengan menggunakan tabel distribusi normal kumulatif dengan harga $z = -3,00$, maka diperoleh hasil 0,0013. Ini kemungkinan proyek untuk selesai dalam jangka waktu 229 hari hanya sekitar 0,13%.

Untuk mengetahui detail analisis selengkapnya dapat diketahui sebagai berikut:

Tabel 10. Target dan Kemungkinan Penyelesaian Proyek

No	Target Penyelesaian (hari)	Deviasi z	Distribusi Normal Kumulatif	Probabilitas/Kemungkinan Proyek dapat Selesai 100%
1	229	-3,00	0,0013	0,13%
2	230	-2,87	0,0021	0,21%
3	231	-2,74	0,0031	0,31%
4	232	-2,61	0,0045	0,45%
5	233	-2,48	0,0066	0,66%
6	234	-2,35	0,0094	0,94%
7	235	-2,22	0,0132	1,32%
8	236	-2,09	0,0183	1,83%
9	237	-1,96	0,0250	2,50%
10	238	-1,83	0,0336	3,36%
11	239	-1,69	0,0455	4,55%
12	240	-1,56	0,0594	5,94%
13	241	-1,43	0,0764	7,64%
14	242	-1,30	0,0668	6,68%
15	243	-1,17	0,1210	12,10%
16	244	-1,04	0,1492	14,92%
17	245	-0,91	0,1814	18,14%
18	246	-0,78	0,2177	21,77%
19	247	-0,65	0,2578	25,78%
20	248	-0,52	0,3015	30,15%
21	249	-0,39	0,3483	34,83%
22	250	-0,26	0,3974	39,74%
23	251	-0,13	0,4483	44,83%
24	252	0,00	0,5000	50,00%
25	253	0,13	0,5517	55,17%
26	254	0,26	0,6026	60,26%
27	255	0,39	0,6517	65,17%
28	256	0,52	0,6985	69,85%
29	257	0,65	0,7422	74,22%
30	258	0,78	0,7823	78,23%
31	259	0,91	0,8186	81,86%
32	260	1,04	0,8508	85,08%
33	261	1,17	0,8790	87,90%

No	Target Penyelesaian (hari)	Deviasi z	Distribusi Normal Kumulatif	Probabilitas/Kemungkinan Proyek dapat Selesai 100%
34	262	1,30	0,9032	90,32%
35	263	1,43	0,9236	92,36%
36	264	1,56	0,9406	94,06%
37	265	1,69	0,9545	95,45%
38	266	1,83	0,9664	96,64%
39	267	1,96	0,9750	97,50%
40	268	2,09	0,9817	98,17%
41	269	2,22	0,9868	98,68%
42	270	2,35	0,9906	99,06%
43	271	2,48	0,9935	99,35%
44	272	2,61	0,9955	99,55%
45	273	2,74	0,9969	99,69%
46	274	2,87	0,9979	99,79%
47	275	3,00	0,9987	99,87%

Sumber : Tabel Distribusi Normal Kumulatif

5. Analisis Biaya Percepatan

Biaya percepatan yang dimaksudkan adalah biaya yang harus dibayarkan kepada tenaga kerja yang bekerja diluar jam kerja yang biasa disebut kerja lembur. Biaya lembur banyak macam variasi yang terjadi di lapangan, namun dalam analisis biaya ini mengikuti sebagian ketentuan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 102/MEN/VI/2014 bahwa upah penambahan kerja bervariasi, untuk penambahan waktu kerja satu jam pertama pekerja mendapatkan upah 1,5 x upah kerja normal dan penambahan upah pada jam kedua dan seterusnya mendapat upah 2x upah kerja normal. Pada analisis ini berdasarkan realisasi di lapangan bahwa tenaga kerja ada beberapa macam dan jenis, tenaga kerja upah harian kantor, tenaga kerja upah harian mandor borong, tenaga kerja upah borongan, tenaga kerja khusus upah per jam dan lain –lain.

Biaya upah tenaga kerja untuk masing – masing pekerjaan pada lintasan kritis sesuai analisis item pekerjaan yang dapat dipercepat dengan waktu yang memungkinkan yang mempertimbangkan adanya semua kendala yang ada, dan memanfaatkan peluang waktu yang tersedia dalam kontrak, diambil keputusan biaya yang seringan mungkin dengan mengacu pada tercapainya tujuan proyek pekerjaan selesai tepat waktu, tepat mutu, tepat biaya, tepat volume dan tertib administrasi. Sesuai hasil estimasi waktu pelaksanaan proyek dengan metode CPM dan PERT berdasarkan durasi (te) dihasilkan waktu pelaksanaan proyek = 252 hari. Maka uraian matematis biaya dari masing masing item pekerjaan yang dipercepat sebagai berikut :

Tabel 11. Perhitungan Biaya Percepatan

No	Item Pekerjaan	Percepatan (Hari)	Biaya Total Normal Item Pekerjaan Sesuai Kontrak (Rp)	Biaya Upah Tenaga Keadaan Normal (Rp)	Biaya Percepatan (Rp)	Biaya Tidak Langsung Percepatan (Rp)	Biaya Total Adanya Percepatan (Rp)	Biaya Total Normal (Rp)	Selisih Biaya Normal Dan Percepatan (Rp)
a	b	c	d	e	f	g	g = (d+e-f)	h=d	i = (g-h)
6	Penyiapan Badan Jalan (Percepatan 33 menjadi 28 Hari)	5	68.105.736,00	8.250.000,00	1.875.000,00	11.025.000,00	58.955.736,00	68.105.736,00	(9.150.000,00)
7	Lapis Pondasi Aggregate	2	1.517.371.642,80	25.000.000,00	1.875.000,00	4.410.000,00	1.514.836.642,80	1.517.371.642,80	(2.535.000,00)
9	Kelas S Bahu Jalan. (Percepatan 40 menjadi 38 Hari). Lapis CTRB. (Cement Treated Recycling Base). (Percepatan 65 menjadi 60 Hari)	5	7.999.347.273,00	97.500.000,00	9.562.500,00	11.025.000,00	7.997.884.773,00	7.999.347.273,00	(1.462.500,00)
12	Lataston Lapis Pondasi (HRS-BASE) (Percepatan 46 menjadi 42 Hari)	4	4.145.109.095,56	105.800.000,00	13.800.000,00	8.820.000,00	4.150.089.095,56	4.145.109.095,56	4.980.000,00
11	Lataston Lapis Aus (HRS-WC) (Percepatan 38 menjadi 31 Hari).	7	3.146.656.773,45	87.400.000,00	24.150.000,00	15.435.000,00	3.155.371.773,45	3.146.656.773,45	8.715.000,00
				Jumlah Rp	51.262.500,00	50.715.000,00			547.500,00
					Jumlah Biaya	Penghematan			Selisih Biaya

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan tujuan dan hasil penelitian yang telah dilakukan pada Proyek Peningkatan Struktur Jalan Bukit Batu - Lungkuh Layang – Kaliahen, Provinsi Kalimantan Tengah Tahun Anggaran 2017, dengan waktu penelitian efektif 2 bulan, maka hasil pembahasan terhadap data dari kontraktor PT Mellindo Bhakti Persadatama, PPK dan Konsultan dan analisis waktu pelaksanaan berdasarkan sumber daya yang ada, termasuk kendala yang ada di lapangan yang harus dihadapi dengan Metode CPM dan PERT, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Rencana waktu penyelesaian Proyek Peningkatan Struktur Jalan Bukit Batu – Lungkuh Layang – Kaliahen sesuai evaluasi Time Schedule/Curve S, didapatkan waktu penyelesaian proyek 275 hari.
2. Waktu penyelesaian proyek sesuai rekayasa ulang *Network Planning* dengan metode CPM dan PERT, dimana durasi hasil hitungan (te) yang digunakan didapatkan waktu penyelesaian proyek 252 hari, dengan percepatan waktu terhadap Time Schedule original sebesar 23 hari
3. Hasil rekayasa ulang terhadap *Network Planning* dengan metode PERT dihasilkan durasi optimal berdasarkan durasi (te) 252 hari, dengan rincian biaya upah tenaga percepatan Rp 51.262.500,00, Penghematan gaji karyawan dan biaya operasional sebesar Rp 50.715.000,00 sehingga selisih biaya percepatan 23 hari dan penghematannya sebesar Rp 547.500. Biaya total berdasarkan waktu optimal dari 275 hari sebesar Rp 24.972.450.794,11 menjadi 252 hari sebesar Rp 24.972.450.794,11 + Rp 547.500,00 = Rp 24.972.998.294,11

Saran

Dengan tersusunnya hasil penelitian ini maka penulis ingin menyampaikan saran untuk peneliti berikutnya antara lain :

1. Penelitian selanjutnya perlu adanya survey lapangan secara detail untuk mendapatkan data yang lebih realitis
2. Penentuan estimasi waktu optimis (a), waktu yang paling mungkin (m) dan waktu pesimis (b) perlu dilakukn survey lebih detail, konsultasi langsung kepada ahli di bidangnya agar jawaban, metode kerja, spesifikasinya dan semua kendala yang ada di lapangan lebih akurat untuk analisis waktu dan biaya.
3. Saran untuk PT Mellindo Bhakti Persadatama, tim pelaksana perlu peningkatan kedisiplinan dalam hal ketepatan waktu dalam pengendalian peralatan material dan tenaga kerja, termasuk kediplinan penerapan prosedur kerja sebagai kunci keberhasilan pengendalian proyek di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Tubagus Haedar. (1995). *Prinsip-prinsip Network Planning*. Gramedia, Bandung.
- Adi, Restu Rama Bayu, Devinta Elga Traulia, M. Agung Wibowo, Frida Kistiani. (2016). Analisa Percepatan Proyek Metode *Crash Program* Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Mixed Use Sentraland. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, Volume 5, Nomor 2, Tahun 2016, Halaman 148–158 Online di: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>.
- Agyei, Wallace (2015). Project Planning And Scheduling Using PERT And CPM Techniques With Linear Programming : Case Study. *International Journal Of Scientific & Technology Research*, Volume 4, Issue 08, August 2015 Issn 2277-8616.
- Ahuja, H.N. (1994). *Project Management Techniques in Planning and Controlling Construction Projects*. John Wiley & Sons. Inc New York. An American National Standard ANSI/PMI. (2004). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*, project Management Institute.
- Badri, Sofyan. (1997). *Dasar-dasar Network Planning*. Jakarta. PT. Rineka Cipta.
- Dannyanti, Eka. (2010). *Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode PERT dan CPM (Studi Kasus Twin Tower Building Pasca Sarjana Undip)*. Fakultas Ekonomi Universitas Diponegoro Semarang.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Bina Marga. (2002). *Buku Petunjuk Teknis analisa Biaya Harga Satuan Pekerjaan Jalan Kabupaten*.
- Kajatmo, Soetomo. (1977). *Uraian Lengkap Metode Network Planning Jilid I,II,III*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Maharesi, R. 2002. *Penjadwalan Proyek Dengan Menggabungkan Metode PERT dan CPM*, Jurnal Fakultas Ilmu Komputer Universitas Gunadarma, Jakarta.
- Maranresy, Petrus (2015). Sistem Pengendalian Waktu Pada Pekerjaan Konstruksi Jalan Raya Dengan Menggunakan Metode CPM. *Jurnal Sipil Statik*, Vol.3 No.1, Januari 2015 (8-15) ISSN: 2337-6732.
- Mockler, R.J. (1972). *The Management Control Process*. Prentice Hall. New Jersey.
- Muslich, Muhammad. (2009). *Metode Pengambilan Keputusan Kuantitatif*. PT. Bumi Aksara, Jakarta.
- Nugraha, Paulus. Ishak Natan dan R. Sutjipto. (2006). *Manajemen Proyek dan Konstruksi 2*. Jakarta: Kartika Yudha.
- Parvizian, Jamshid, Hamed Tarkesh, Sara Farid and Arezoo Atighehchian. (2004). Project Management Using Self Organizing Maps. *Proceedings of the Fifth Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference 2004*.
- Pratasik, Failen, Grace Y. Malingkas, Tisano Tj. Arsjad, Huibert Tarore. (2013). Menganalisis Sensitivitas Keterlambatan Durasi Proyek Dengan Metode CPM (Studi Kasus : Perumahan Puri Kelapa Gading). *Jurnal Sipil Statik* Vol.1 No.9, Agustus 2013 (603-607) ISSN: 2337-6732.
- Santosa, Budi. (2009). *Manajemen Proyek: Konsep dan Implementasi*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Siswanto. (2007). *Operations Research*. Erlangga, Jakarta.
- Smith, N.J., 1995. *Project Cost Estimating*. Thomas Telford, London.

- Soeharto, Imam. (1997). *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, Imam. (2001). *Manajemen Proyek, Jilid 2*. Erlangga, Semarang.
- Tjaturono. (2008). Penerapan Produktivitas Tenaga Kerja Aktual dan Modifikasi Penjadwalan dengan Metode CPM untuk Mereduksi Biaya dan Waktu Pembangunan Perumahan. *Makalah Seminar REI Jatim*, 16 Desember.
- Widjojoko, Lilies. (2016). Optimasi Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi Dengan Metode Jalur Kritis Menggunakan *Software Microsoft Project*. *Jurnal Teknik Sipil UBL*, Volume 7 No. 1 April 2016.