

PERENCANAAN MANAJEMEN PROYEK DENGAN METODE CPM (*CRITICAL PATH METHOD*) DAN PERT (*PROGRAM EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE*)

Naura Mutia Astari¹, Ade Momon Subagyo², Kusnadi³

¹Prodi Teknik Industri, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. H.S. Ronggowaluyo, Karawang, 41361

Email korespondensi : Nauramutia131@gmail.com

²Dosen Prodi Teknik Industri, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. H.S. Ronggowaluyo, Karawang, 41361

Email : ade.momon@staff.unsika.ac.id

³Dosen Prodi Teknik Industri, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. H.S. Ronggowaluyo, Karawang, 41361

Email : ade.momon@staff.unsika.ac.id

ABSTRAK

Manajemen proyek digunakan untuk merencanakan, melaksanakan dan mengendalikan kegiatan proyek untuk meminimalisir resiko pada waktu dan biaya proyek. terselesainya suatu proyek infrastruktur tepat waktu menjadi suatu prioritas utama. Salah satu permasalahan yang sering terjadi yaitu waktu keterlambatan proyek disebabkan oleh kurang tepatnya perencanaan pada proyek yang mengakibatkan kegagalan proyek dan berdampak kepada biaya proyek. Tujuan penelitian ini adalah melakukan analisis Perencanaan Proyek Museum XYZ dengan menggunakan metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) dan CPM (*Critical Path Method*). Hasil dari metode CPM dan PERT lintas kritis berada pada kegiatan A-C-E-G-H-I-P-Q-R-T, waktu penyelesaian proyek dengan metode CPM di dapatkan hasil 102 hari, sedangkan metode PERT didapatkan waktu penyelesaian proyek 129 hari. Pada hasil perencanaan biaya dengan *crashing project*, didapatkan kenaikan biaya pada metode PERT yaitu senilai Rp.89.965.000 sedangkan pada metode CPM sebesar Rp115.775.313. Kurva S dan *Gantt Chart* digunakan untuk mementukan penjadwalan proyek dan bobot waktu. Pada pengendalian proyek digunakan analisis sensitivitas agar mengetahui selesih perubahan waktu pada penyelesaian proyek. Berdasarkan hasil Analisis Sensitivitas bahwa scenario yang telah di buat disimpulkan bahwa setiap percepatan waktu selama 6 hari mengalami kenaikan biaya proyek sebesar 1%. Dengan adanya perencanaan proyek perubahan waktu dan biaya dapat terukur dan terencana.

Kata kunci: *Project Evaluation and Review Technique, Critical Path Method, Kurva S, Gantt Chart, Analisis Sensitivitas*

ABSTRACT

Project management is used to plan, implement and control projects to minimize risks to project time and costs. The timely completion of an infrastructure infrastructure is a top priority. One of the problems that often occurs is project delays due to lack of project planning which results in project failure and has an impact on project costs. The purpose of this study was to analyze the XYZ Museum Project Planning using the PERT (Project Evaluation and Review Technique) and CPM (Critical Path Method) methods. The results of the CPM method and the critical cross PERT are in the A-C-E-G-H-I-P-Q-R-T activity, the completion time using the CPM method is 102 days, while the PERT method is 129 days. In the results of cost planning with the crashing project, it was found that the cost increase in the PERT method was Rp. 89.965,000 while the CPM method was Rp. 115,775,313. The S curve and Gantt Chart are used to determine project scheduling and time weights. Control is used for sensitivity analysis in order to find out the difference in time changes in project completion. Based on the results of the sensitivity analysis, the scenario that has been made says that every time acceleration for 6 days, the project cost increases by 1%. With project planning, changes in time and costs can be controlled and planned.

Keywords: *Project Evaluation and Review Technique, Critical Path Method, S Curve, Gantt Chart, Sensitivity analysis*

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan infrastruktur daerah diberbagai sektor terjadi dengan cepat dan semakin baik, sejalan dengan peningkatan ekonomi serta kebutuhan masyarakat terjadi pertumbuhan pada fasilitas infrastruktur daerah. Dibutuhkannya pembangunan insfarstruktur dengan perencanaan dan pengelolaan pada infastruktur dapat di lakukan dengan baik melalui manajemen yang baik. Manajemen yang baik dapat di lakukan secara ilmiah dan intensif untuk menghadapi sebuah kegiatan khusus yang berbentuk proyek [9]. Manajemen proyek digunakan untuk merencanakan, mengerjakan dan mengendalikan kegiatan proyek untuk meminimalisir resiko pada waktu dan biaya proyek. Teknik ini digunakan untuk berorientasi pada tujuan untuk pembangunan proyek kontruksi seperti gedung, pembukaan kantor baru atau pengendalian kegiatan penelitian dan pembangunan [6].

Terselesaikannya suatu proyek infrastruktur tepat waktu menjadi suatu prioritas utama, faktor waktu dan sumber daya manusia mempengaruhi biaya oprasional khususnya pada biaya pekerja. Permasalahan yang sering terjadi yaitu waktu keterlambatan proyek yang disebabkan kurang tepatnya perencanaan proyek, mengakibatkan kegagalan pada proyek yang berdampak kepada semua pekerja yang terlibat dalam proyek. Oleh karena itu perencanaan yang tepat dan sesuai dengan karakteristik proyek yang bersangkutan sangatlah diperlukan untuk menghadapi ketidakpastian kondisi proyek sehingga penjadwalan pelaksanaan suatu proyek dapat dilaksanakan dengan waktu dan biaya yang efisien [1]. Perencanaan proyek merupakan kegiatan proyek yang sangat penting, sebuah dasar untuk proyek

berjalan dengan waktu yang optimal dan efisien [8]. Perencanaan dibuat sebagai acuan pada pelaksanaan proyek, yang selanjutnya menjadi standar pelaksanaan proyek yang meliputi spesifikasi teknik, jadwal dan anggaran [10].

Pada pembangunan infrastruktur daerah diserahkan kepada pemegang kepentingan Pada kasus penelitian ini adalah pembangunan proyek Museum XYZ yang mengalami keterlambatan waktu penyelesaian proyek disebabkan kurang tepatnya perencanaan proyek. Pada pembangunan proyek Museum XYZ menggunakan perencanaan proyek dengan teknik *expert judgement* yaitu menggunakan penilaian dari ahli dan menggunakan teknik *analogous estimating* yaitu *analog* kegiatan sebelumnya dilakukan *estimating* dengan menyesuaikan parameter yang di lakukan pada kegiatan proyek pada tahun sebelumnya seperti pada durasi, jam kerja yang digunakan untuk menentukan kegiatan pendahulu masing-masing kegiatan dan jumlah karyawan [7]. Berdasarkan hasil wawancara bahwa parameter yang digunakan pada pembangunan proyek Museum XYZ yaitu *analogous estimating* (parameter tahun sebelumnya), parameter yang digunakan tidak sesuai dengan karakteristik proyek yang akan digunakan pada pembangunan proyek Museum XYZ yang dimana proyek tersebut tergolong proyek yang besar.

Tujuan utama pada penelitian ini adalah untuk merumuskan waktu percepatan perencanaan proyek pada Museum XYZ. Pada percepatan perencanaan proyek digunakan analisis percepatan waktu dengan metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) dan CPM (*Critical Path Method*), pada peningkatan biaya akibat perubahan waktu digunakan metode *Crashing Project*, pada penjadwalan proyek

digunakan Kurva S dan *Gantt Chart*, dan pada pengendalian proyek digunakan Analisis Sensitivitas.

2. LANDASAN TEORI

Kata manajemen berasal dari kata *manos*, *managio*, *manage*, yang artinya melatih kuda mengangkat kaki, merupakan kutipan dari bahasa latin/italia/perancis. Oleh karena itu di pahami bawah di perlukan Langkah-langkah yang teratur secara bertahap, maka dari itu manajemen sangat identik dengan mengatur dan menata dengan fungsinya. Manajemen proyek adalah suatu kegiatan yang dilakukan dengan waktu dan sumber daya terbatas untuk mencapai hasil akhir yang ditentukan. Dalam mencapai hasil akhir, kegiatan proyek dibatasi oleh anggaran, jadwal, dan mutu, yang dikenal sebagai tiga kendala (*triple constraint*). [2]

Manajemen adalah sebuah ilmu pengetahuan dan seni mengatur proses pemanfaatan sumber daya manusia dan sumber lainnya agar mencapai tujuan efektif dan efisien. Proyek adalah sebuah pekerjaan yang memiliki kegiatan awal dan akhir, dengan kata lain pekerjaan yang dilakukan terencana dari dimulainya pekerjaan sampai proyek selesai dengan waktu dan sumber daya manusia yang telah ditetapkan [8].

Fase dalam manajemen proyek

Menurut (Bakhtiyar,dkk., 2012) manajemen proyek dilakukan dalam tiga tahap, yaitu:

1. Perencanaan (*Planning*)

Kegiatan Perencanaan mencakup penerapan sasaran tujuan untuk kegiatan proyek dan penentuan sumber daya manusia.

2. Penjadwalan (*Schedulling*)

Kegiatan penjadwalan berhubungan dengan tenaga kerja, anggaran (uang) dan bahan

3. Pengendalian (*Controlling*)

Kegiatan ini mencakup pengawasan sumber daya, biaya, kualitas dan *budget*

jika perlu merevisi, mengubah rencana, menggeser atau mengelola ulang sehingga tepat waktu dan biaya.

3. METODOLOGI PENELITIAN

1. Pendekatan penelitian

Pendekatan penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif, umumnya menggunakan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan dari hasilnya. Pendekatan ini juga dihubungkan dengan variabel penelitian yang memfokuskan pada masalah-masalah terkini dan fenomena yang sedang terjadi pada saat sekarang dengan bentuk hasil penelitian [5].

2. Pengumpulan data

Data data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah waktu kegiatan, jadwal pelaksanaan proyek, biaya proyek dan perkiraan tenaga kerja proyek. Pada penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder:

a. Data primer

Data primer adalah sumber data yang berasal dari data langsung yang diberikan kepada peneliti. Data primer merupakan data yang dikumpulkan kepada pihak pertama biasanya didapatkan melalui wawancara, jejak dan lain-lain [3]. Pada penelitian ini data primer yang diperoleh adalah data hubungan kegiatan berdasarkan hasil wawancara.

b. Data Sekunder

Data Sekunder adalah sumber data yang didapatkan berdasarkan hal-hal yang didapatkan secara dibaca, mempelajari dan memahami melalui media lain yang bersumber dari literature, buku-buku serta dokumen [3]. Pada penelitian ini data sekunder yang diperoleh adalah berdasarkan data internal perusahaan seperti RAB, buku desain bangunan, dan *time schedule*.

4. PEMBAHASAN

a. Work Breakdown Structure (WBS)

Work Breakdown Structure (WBS) atau struktur pekerjaan terperinci adalah suatu metode pengorganisasian proyek menjadi pelaporan hirarkis. WBS biasanya digunakan untuk melakukan pemecahan pada setiap pekerjaan menjadi lebih detail [1]. WBS pada proyek ini berdasarkan dokumen proyek, meliputi kontrak, gambar, dan spesifikasi proyek, kemudian di sesuaikan dengan rangkaian uraian kegiatan.

Tabel 1. Hasil Work Breakdown Structure

No	Kode	Uraian Kegiatan
1	A	Pekerjaan Persiapan umum
2	B	Pekerjaan pengukuran
3	C	Pekerjaan Dokumentasi dan Administrasi
4	D	Pekerjaan Struktural
5	E	Pekerjaan Atap
6	F	Pekerjaan Theater
7	G	Pekerjaan Hall A
8	H	Pekerjaan Hall B
9	I	Pekerjaan Hall C
10	J	Pekerjaan Hall D
11	K	Pekerjaan Hall E
12	L	Pekerjaan Hall F
13	M	Pekerjaan Coffe Shop dan Kantor
14	N	Pekerjaan Mushola dan Toilet
15	O	Pekerjaan Inner court dan Selasar
16	P	Pekerjaan Lobby
17	Q	Pekerjaan Entrance
18	R	Pekerjaan Mekanikal Elektrikal
19	S	Pekerjaan Interior Partisi
20	T	Pekerjaan Interior Platfond

b. Critical Path Method (CPM)

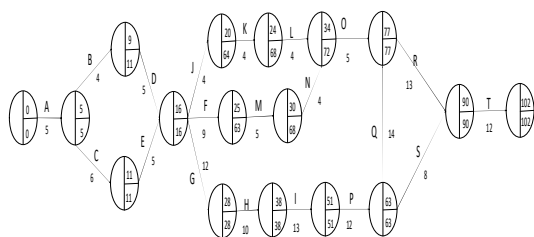
Critical Path Method (CPM) merupakan merincikan setiap aktivitas, kegiatan pendahulu, waktu kegiatan atau waktu normal, dan biaya. Data data tersebut di butuhkan untuk membuat jaringan kerja.

Tabel 2. Uraian kegiatan Metode CPM

No	Kode	Uraian Kegiatan	Kegiatan Pendahulu	Waktu (hari)
1	A	Pekerjaan Persiapan umum		5
2	B	Pekerjaan pengukuran	A	4
3	C	Pekerjaan Dokumentasi dan Administrasi	A	6
4	D	Pekerjaan Struktural	B, C	5
5	E	Pekerjaan Atap	D	5
6	F	Pekerjaan Theater	E	9
7	G	Pekerjaan Hall A	I, N	12
8	H	Pekerjaan Hall B	E	10
9	I	Pekerjaan Hall C	H	13
10	J	Pekerjaan Hall D	E	4
11	K	Pekerjaan Hall E	J	4
12	L	Pekerjaan Hall F	K	4
13	M	Pekerjaan Coffe Shop dan Kantor	L	5
14	N	Pekerjaan Mushola dan Toilet	F	4

1 5	O	Pekerjaan Inner court dan Selasar	M, Q	5
1 6	P	Pekerjaan Lobby	G	12
1 7	Q	Pekerjaan Entrance	P	14
1 8	R	Pekerjaan Mekanikal Elektrikal	O	13
1 9	S	Pekerjaan Interior Partisi	R	8
2 0	T	Pekerjaan Interior Platfond	S	12
				154

Uraian kegiatan metode CPM diatas menunjukkan uraian kegiatan, dan durasi waktu untuk selanjutnya dibuat jaringan kerja atau diagram *Network Planning*. Pada Perhitungan maju waktu paling awal untuk menentukan terjadinya kegiatan pada jaringan kerja disamakan dengan nol (SA=0), untuk menentukan nilai jaringan kerja maju di ambil waktu yang paling besar. Dan terjadi sebaliknya pada perhitungan mundur di ambil nilai waktu terkecil. seperti pada *diagram Network Planning* Gambar 1.



Gambar 1. *Diagram Network Planning CPM*

Berdasarkan gambar 1 jaringan kerja di atas, selanjutnya menentukan perhitungan maju dan perhitungan mundur untuk mengetahui pada perhitungan maju *Earliest Star* (ES)

Earliest Finish (EF) sedangkan pada perhitungan mundur diketahui *Lates Star* (LS) dan *Lates Finish* (LF). Perhitungan maju didapatkan menggunakan perhitungan kedepan dimulai dari kegiatan awal sedangkan pada perhitungan mundur dimulai dengan kegiatan paling akhir dan dilanjutkan dengan kegiatan sebelumnya

$$(EET_j) = L + EET_i \quad (1)$$

$$(LET_i) = LET_j - L \quad (2)$$

dengan $EET_j = \text{Earliest Event Time}$, $LET_i = \text{Latest Event Time}$

Setelah diketahui nilai dari $ES - EF$ dan $LS - LF$ pada uraian kegiatan, selanjutnya menentukan *Float*, dapat didefinisikan sejumlah waktu yang memungkinkan untuk menunda atau perlambat kegiatan. *Float* terbagi menjadi tiga yaitu *Free Float* (FF), *Total Float* (TF) dan *Independent Float* (IF), untuk mengetahui nilai pada kegiatan kritis atau jalur kritis maka nilai $FF = TF = 0$

$$TF = LET_j - \text{durasi} - EET_i \quad (3)$$

$$FF = EET_j - \text{durasi} - EET_i \quad (4)$$

Jadi, berdasarkan rumus di atas jalur kritis didapatkan hasil perhitungan *free float = total float = 0* adalah pada kegiatan A-C-E-G-H-I-P-Q-R-T dengan total waktu jalur kritis 102 hari.

c. *Metode Program Evaluation and Review Technique* (PERT)

Metode Program Evaluation and Review Technique (PERT) merupakan penerapan estimasi waktu penyelesaian proyek dengan a = waktu optimis, m = waktu realistis/normal, b = waktu pesimis. Setelah itu mencari waktu aktifitas (TE) atau waktu yang diharapkan (Lokajaya, 2019).

- Menentukan waktu aktivitas (Te)

$$te = \frac{a+4m+b}{6} \quad (5)$$

Tabel 3. Waktu Aktivitas (Te) metode PERT

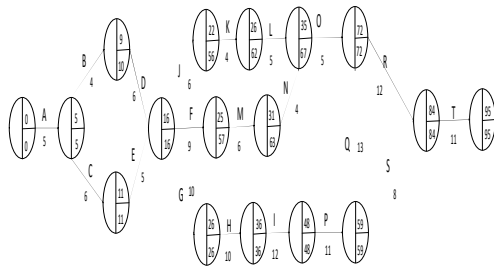
No	Kategori	Urutan Kegiatan	Kegiatan Pendahuluan	Waktu persiapan (hari)	Waktu normal (hari)	Waktu optimal (hari)	Waktu aktual (Te)
1	A	Peke rjan Pe rsi ap an u m u m		6	5	3	5
2	B	Pe ke rjan pe ng uk ur an	A	5	4	4	4
3	C	Pe ke rjan Do ku men ta si dan Ad mi ni str asi	A	7	6	4	6
4	D	Pe ke rjan Str uk	B	8	5	7	6
5	E	Pe ke rjan At ap	C	7	5	5	5
6	F	Pe ke rjan The a ter	D,E	10	9	8	9
7	G	Pe ke rjan Ha ll A	D,E	9	12	7	11
8	H	Pe ke rjan Ha ll B	G	12	10	7	10
9	I	Pe ke rjan Ha ll C	H	13	13	8	12
10	J	Pe ke rjan Ha ll D	D,E	8	4	6	5
11	K	Pe ke rjan Ha ll E	J	6	4	4	4
12	L	Pe ke rjan	K	6	4	5	5

		an Ha ll F					
1 3	M	Pe ke rja an Co ffe Sh op da n Ka nt or	N	8	5	8	6
1 4	N	Pe ke rja an M us ho la da n To ile t	F	5	4	4	4
1 5	O	Pe ke rja an In ne r co ur t da n Se las ar	L, M	7	5	5	5
1 6	P	Pe ke rja an Lo bb y	I	11	12	7	11
1 7	Q	Pe ke rja	P	14	14	6	13

		an En tra nc e					
1 8	R	Pe ke rja an M ek an ik al El ek tri ka l	O	13	13	7	12
1 9	S	Pe ke rja an Int eri or Pa rti si	P	9	8	5	8
2 0	T	Pe ke rja an Int eri or Pl atf on d	S	12	12	6	11
				17 6	15 4	11 6	15 1

Berdasarkan tabel Diagram *Network Planning* atau jaringan kerja berdasarkan waktu aktifitas (Te), jaringan kerja pada PERT sama halnya dengan metode CPM, pada perhitungan maju *Earliest Star* (ES) *Earliest Finish* (EF) sedangkan pada perhitungan mundur diketahui *Lates Star* (LS) dan *Lates Finish* (LF). Pada metode PERT di dapatkan bahwa

waktu aktifitas (te) diselesaikan pada waktu 151 hari.



Gambar 2. Diagram Network Planning PERT

Berdasarkan dari gambar 2. Diagram Network Planning atau jaringan kerja diatas di dapatkan nilai dari ES – EF dan LS – LF pada uraian kegiatan, selanjutnya menentukan Float. Yang dimana Float dapat menentukan Jalur Kritis pada jaringan kerja, dengan FF = TF = 0. Didapatkan bahwa jalur kritis pada proyek Museum XYZ Kadengan metode PERT pada kegiatan A-C-E-G-H-I-P-Q-R-T dengan total jalur kritis 95 hari

- Menentukan standar deviasi dan varians

Pada metode ini setelah diketahui jaringan kritis dilakukan perhitungan standar deviasi, untuk mengetahui persentase keberhasilan proyek.

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

$$V(te) = S^2 \tag{7}$$

dengan S = standar deviasi, V = varians [6]

Tabel 4. Hasil Standar Deviasi dan Varian

No	Kode	Uraian Kegiatan	Kegiatan Pendahuluan	Deviasi (S)	Varian (V)
1	A	Pekerjaan Persiapan Umum		0.5	0.25

2	B	Pekerjaan pengukuran	A	0.17	0.03
3	C	Pekerjaan Dokumentasi dan Administrasi	A	0.50	0.25
4	D	Pekerjaan Struktural	B	0.17	0.03
5	E	Pekerjaan Atap	C	0.33	0.11
6	F	Pekerjaan Theater	D, E	0.33	0.11
7	G	Pekerjaan Hall A	D, E	0.33	0.11
8	H	Pekerjaan Hall B	G	0.83	0.35
9	I	Pekerjaan Hall C	H	0.83	0.35
10	J	Pekerjaan Hall D	D, E	0.33	0.11
11	K	Pekerjaan Hall E	J	0.33	0.11
12	L	Pekerjaan Hall F	K	0.17	0.03
13	M	Pekerjaan Coffe Shop dan Kantor	N	0.00	0.00
14	N	Pekerjaan Mushola dan Toilet	F	0.17	0.03
15	O	Pekerjaan Inner court dan Selasar	L, M	0.33	0.11
16	P	Pekerjaan Lobby	I	0.67	0.25
17	Q	Pekerjaan Entrance	P	1.33	0.55
18	R	Pekerjaan Mekanikal Elektrikal	O	1.00	0.00
19	S	Pekerjaan Interior Partisi	P	0.67	0.25

20	T	Pekerjaan Interior Plafond	S	1.00	1.00
				10.00	7.33

Berdasarkan dari Tabel 4 di atas bahwa standar deviasi (S) = 10,00 dan Total Varians (V) = 7,33. Dari kurva distribusi normal dimana area berada dalam interval (TE±3S) maka rentang besar 3S adalah 3 x 10,00 = 30,00. Maka Kurun waktu penyelesaian Kurun waktu 95 ± 30 hari. Maka kemungkinan target dicapai pada jadwal metode PERT dinyatakan dengan Z [6].

Dengan menggunakan Tabel Distrubisi normal kumulatif pada total pengerjaan proyek 95 hari yaitu 0,5 memungkinkan proyek selesai sekitar 50% dan seterusnya. Untuk detail persentase Probabilitas dapat diketahui dibawah ini;

Tabel 5. Distribusi Normal Kumulatif

T (x)	Z	Distribusi Normal Kumulatif	Probabilitas 100%
95	-	0.5	50
96	0.1000	0.5393	53.93
97	0.2000	0.5793	57.93
98	0.3000	0.6179	61.79
99	0.4000	0.6554	65.54
100	0.5000	0.6915	69.15
101	0.6000	0.7257	72.57
102	0.7000	0.758	75.8
103	0.8000	0.7881	78.81

104	0.9000	0.8159	81.59
105	1.0000	0.8413	84.13
106	1.1000	0.8643	86.43
107	1.2000	0.8849	88.49
108	1.3000	0.9032	90.32
109	1.4000	0.9192	91.92
110	1.5000	0.9332	93.32
111	1.6000	0.9452	94.52
112	1.7000	0.9554	95.54
113	1.8000	0.9641	96.41
114	1.9000	0.9713	97.13
115	2.0000	0.9772	97.72
116	2.1000	0.9821	98.21
117	2.2000	0.9861	98.61
118	2.3000	0.9893	98.93
119	2.4000	0.9918	99.18
120	2.5000	0.9938	99.38
121	2.6000	0.9953	99.53
122	2.7000	0.9965	99.65
123	2.8000	0.9974	99.74
124	2.9000	0.9981	99.81
125	3.0000	0.9987	99.87

126	3.1 000	0.999	99.9
127	3.2 000	0.9993	99.93
128	3.3 000	0.9995	99.95
129	3.4 000	0.9997	99.97

Berdasarkan waktu jalur kritis pada metode PERT didapatkan waktu penyelesaian 92 hari, namun berdasarkan persentasi probabilitas yang mendekati 100% yaitu pada waktu penyelesaian proyek 129 hari.

d. *Crashing project*

Biaya Percepatan adalah biaya yang harus dibayar kepada tenaga kerja di luar jam kerja selain itu penambahan jam kerja atau biasa di sebut tenaga kerja lembur, selain biaya untuk pekerja di luar jam kerja di lakukan penambahan pekerja pada kegiatan *finishing* proyek [6]. Waktu percepatan berdasarkan hasil metode CPM dan PERT, pada penelitian ini berdasarkan hasil PERT dengan nilai te 129 hari, persentase probabilitistik 99,97%. Berdasarkan metode CPM dengan durasi waktu kritis yaitu 102 hari Biaya perkerja perhari yaitu Rp.95.000/8 jam kerja, untuk menentukan biaya pekerja ditentukan berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 102/MEN/VI/2014 bahwa upah penambahan kerja bervariasi, untuk penambahan waktu kerja persatu jam pertama pekerjaan mendapatkan upah 1,5 x upah kerja normal dan penambahan upah pada jam kedua dan seterusnya menjadi 2x upah kerja normal. Rumus dalam menghitung biaya pekerja yaitu menentukan biaya perja pekerja Rp.95.000/ 8 jam = Rp.11.875/jam.

Biaya Percepatan didapatkan dari biaya lemburan dan biaya pekerja tambahan.

Pekerja normal berjumlah 32 orang sedangkan pekerja tambahan dilakukan di akhir pekerjaan atau pekerjaan finishing sebanyak 6 orang maka pada pekerjaan finishing berjumlah 37 orang. Pada kerja persiapan umum berjumlah 15 orang sedangkan pada pekerja administrasi dan dokumentasi 10 orang.

Tabel 6. *Crashing Project*

Uraian Kegiatan	Biaya Percepatan	
	PERT	CPM
Pekerjaan Persiapan umum	Rp 54.110.823	Rp 51.171.760
Pekerjaan pengukuran	Rp 9.480.000	Rp 9.480.000
Pekerjaan Dokumentasi dan Administrasi	Rp 4.362.500	Rp 1.750.000
Pekerjaan Struktural	Rp 1.428.542.817	Rp 1.428.542.817
Pekerjaan Atap	Rp 136.900.042	Rp 134.810.042
Pekerjaan Theater	Rp 1.138.689.659	Rp 1.138.689.659
Pekerjaan Hall A	Rp 473.822.886	Rp 469.642.886
Pekerjaan Hall B	Rp 310.453.372	Rp 308.363.372
Pekerjaan Hall C	Rp 257.542.634	Rp 253.362.634
Pekerjaan Hall D	Rp 41.659.443	Rp 41.659.443
Pekerjaan Hall E	Rp 87.432.854	Rp 87.432.854
Pekerjaan Hall F	Rp 58.558.656	Rp 58.558.656
Pekerjaan Coffe Shop dan Kantor	Rp 419.418.995	Rp 419.418.995

Pekerjaan Mushola dan Toilet	Rp 221.859.809	Rp 221.859.809
Pekerjaan Inner court dan Selasar	Rp 744.925.023	Rp 744.925.023
Pekerjaan Lobby	Rp 79.010.055	Rp 73.226.930
Pekerjaan Entrance	Rp 49.963.495	Rp 38.397.245
Pekerjaan Mekanikal	Rp 1.275.582.28	Rp 1.269.799.16
Pekerjaan Elektrikal	8	3
Pekerjaan Interior Partisi	Rp 1.755.880.08 4	Rp 1.755.880.08 4
Pekerjaan Interior Platfond	Rp 167.234.784	Rp 158.560.097
	Rp 8.715.430.21 8	Rp 8.665.531.46 8

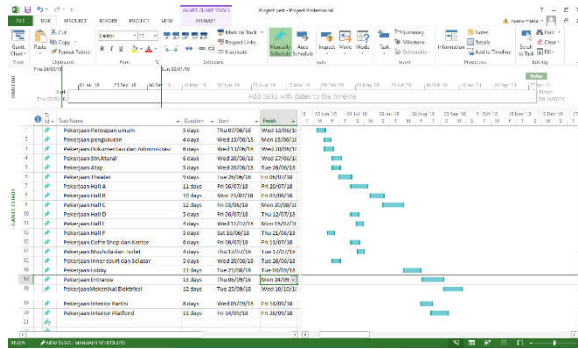
bahwa waktu di percepat metode PERT membutuhkan biaya lebih besar yaitu waktu penyelesaian 129 hari dengan biaya Rp 8.662.639.905. Untuk membuat kurva S dibutuhkan bobot, (Setiawan, 2011) dengan rumus:

$$\text{Bobot} = \frac{\text{biaya kegiatan proyek}}{\text{Total biaya kegiatan}} \times 100\% \quad (8)$$

Didapatkan hasil perhitungan percepatan pada biaya proyek Pembangunan Museum Museum XYZ dengan penambahan jumlah pekerja maka berbanding lurus dengan penambahan biaya pekerja yaitu pada CPM sebesar Rp 115.775.313 maka total biaya Rp 8.715.430.218 sedangkan pada metode PERT sebesar Rp 62.985.000, maka total biaya yang dibutuhkan pada percepatan proyek adalah Rp 8.662.639.905.

e. Kurva S

Kurva S untuk membandingkan hasil biaya waktu normal dengan biaya waktu dipercepat. Pada waktu normal penyelesaian proyek membutuhkan waktu 154 hari dengan total biaya Rp 8.599.654.905. Pada metode CPM percepatan berdasarkan jalur kritis yaitu 102 hari dengan biaya percepatan Rp 8.715.430.218. Sedangkan didapatkan



Gambar 5. Gantt Chart Metode CPM

Berdasarkan gambar 5 Gantt Chart PERT diatas bahwa PERT waktu aktivitas selesai pada hari ke 151 hari dengan waktu mulai pada tanggal 7 juni 2018 dan selesai pada tanggal 28 september 2018.

g. Analisis Sensitivitas

Analisis Sensitivitas merupakan gambaran sejauh mana suatu keputusan akan cukup kuat berhadapan dengan perubahan faktor-faktor atau parameter-parameter yang mempengaruhi. Analisis ini dilakukan dengan mengubah nilai dari suatu parameter pada suatu saat untuk selanjutnya dilihat pengaruhnya (Hasugian et al., 2020). Analisis sensitivitas berdasarkan parameter yang sangat sensitif bila terjadinya perubahan yaitu pada penelitian ini perubahan pada waktu dan biaya. Parameter pada penelitian ini akan sangat sensitif bila terjadinya perubahan waktu seperti keterlambatan penyelesaian maupun terjadinya percepatan penyelesaian proyek, hal tersebut akan mempengaruhi pada biaya pelaksanaan proyek khususnya pada penambahan biaya proyek.

Pada penlitian ini didapatkan skenario dari waktu percepatan antara CPM dan PERT yaitu pada penyelesaian proyek 105 hari sampai 129 hari. Rentang waktu tersebut diambil berdasarkan jalur kritis yang dimana waktu penyelesaian proyek yang didapatkan sangat sensitif bila terjadinya perubahan. Pada rentang waktu tersebut dibuat selisih antara

skenario selanjutnya yaitu 6 hari, maka scenario yang didapatkan;

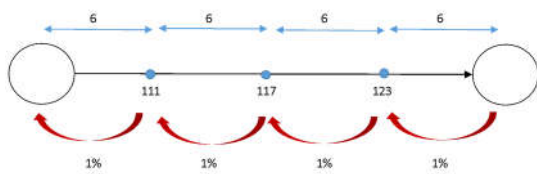
1. Skenario waktu penyelesaian proyek 111 hari
2. Skenario waktu penyelesaian proyek 117 hari
3. Skenario waktu penyelesaian proyek 123 hari

Berikut ini skenario yang dirancang dengan perubahan biaya percepatan dan selisih antar waktu penyelesaian selanjutnya [4]

Tabel 7. Selisih biaya pada analisis sensitivitas

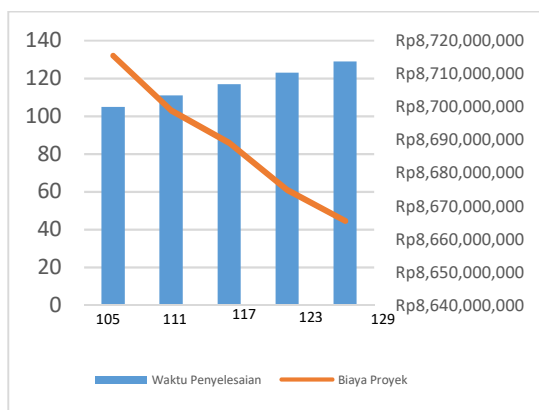
N	Waktu Penyelesaian	Biaya Proyek	Selisih	Selisih (%)
1	129	Rp 8.665.531.468	Rp 65.876.563	0,77
2	123	Rp 8.674.924.593	Rp 75.269.688	0,88
3	117	Rp 8.689.067.718	Rp 89.412.813	1,04
4	111	Rp 8.698.882.405	Rp 99.227.500	1,15
5	105	Rp 8.715.430.218	Rp 115.775.313	1,35
Rata rata			Rp 89.112.375	1

Berdasarkan tabel diatas bahwa rata rata selisih waktu normal selisih dengan waktu skenario 6 hari di dapatkan kenaikan biaya proyek sebesar 1% atau Rp 89.112.375 rupiah. Setiap terjadinya perubahan waktu terjadi kenaikan tersebut diakibatkan faktor pekerja lembur dan pekerja tambahan.



Gambar 6. Selisih biaya antar waktu

Berdasarkan ilustrasi gambar 6 diatas bahwa kenaikan selisih setiap skenario yang dibuat mengalami kenaikan 1%. Maka dapat disimpulkan bahwa percepatan pada proyek berbanding lurus dengan kenaikan biaya proyek, semakin pendek atau semakin dilakukan percepatan pada waktu proyek maka biaya yang dibutuhkan semakin besar, dapat dilihat pada grafik di bawah ini;



Gambar 7. Grafik perubahan biaya dan waktu

Pada grafik diatas menggunakan Analisa sensitivitas dengan pendekatan stokastik (probabilitas) dalam bentuk diagram batang (*bar chart*) yang disusun secara berurutan dari atas ke bawah mulai dari batang yang terpanjang hingga terpendek. Parameter yang paling sensitif (berpengaruh) terhadap biaya adalah parameter dengan waktu penyelesaian proyek tercepat yaitu pada waktu penyelesaian proyek 105 hari.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya

dengan menggunakan metode CPM dan PERT pada proyek Pembangunan Museum XYZ Didapatkan kesimpulan sebagai berikut;

1. Pada Metode CPM proyek pada proyek pembangunan Museum XYZ didapatkan lintas kritis berada pada kegiatan A-C-E-G-H-I-P-Q-R-T yaitu (A) pekerjaan persiapan umum, (C) Pekerjaan dokumentasi dan administrasi, (E) pekerjaan atap, (G) pekerjaan Hall A, (H) Pekerjaan Hall, (I) Pekerjaan Hall C, (P) pekerjaan *lobby*, (Q) pekerjaan *entrance*, (R) pekerjaan mekanikal elektrik, (T) pekerjaan interior partisi. Waktu penyelesaian proyek dengan menggunakan metode CPM di dapatkan hasil 102 hari. Sedangkan waktu yang direncanakan pada proyek Pembangunan Museum XYZ yaitu 154 hari, maka pada metode CPM dapat mempercepat penyelesaian proyek dengan menghemat waktu 52 hari.
2. Pada Metode PERT didapatkan persentase probabilitas proyek pembangunan Museum XYZ didapatkan lintas kritis berada pada kegiatan A-C-E-G-H-I-P-Q-R-T dengan penyelesaian proyek dalam jangka waktu 129 hari dengan persentase probabilitas 99,8%, waktu tersebut lebih cepat 25 hari yaitu hari dari waktu normal perencanaan 154 hari.
3. Berdasarkan waktu *Crashing Project* atau percepatan biaya dengan hasil waktu metode PERT 129 dikarenakan hasil probabilitas 99,8%, biaya tersebut berasal dari penambahan pekerja yaitu senilai Rp 89.965.000 dengan total biaya dipercepat yaitu Rp 8.689.619.905. Sedangkan hasil waktu metode CPM adalah 105 hari dengan total percepatan biayanya Rp 8.715.430.218 dengan penambahan biaya pada pekerja sebesar Rp 115.775.313.
4. Berdasarkan Kurva S bahwa penyelesaian proyek dengan menggunakan metode CPM berada pada minggu ke 1 bulan ke 5 dan pada Metode

PERT berada pada bulan ke 5 pada minggu ke satu. Disimpulkan pada arah vertikal bahwa kenaikan biaya pada metode CPM lebih besar bobotnya dibandingkan pada metode PERT. Hal ini terjadi dikarenakan percepatan waktu pada metode CPM lebih besar dari pada PERT. Sedangkan pada *Gantt Chart*, PERT lebih unggul yaitu selesai pada tanggal 18 September 2018 dibandingkan dengan CPM selesai pada tanggal 1 Oktober 2018.

5. Berdasarkan Analisis Sensitivitas bahwa skenario yang telah di buat disimpulkan bahwa setiap percepatan waktu selama 6 hari mengalami kenaikan biaya proyek sebesar 1%. Biaya kenaikan tersebut didapatkan dari penambahan jumlah pekerja dan biaya lembur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arianie, G. P., & Puspitasari, N. B. (2017). PERENCANAAN MANAJEMEN PROYEK DALAM MENINGKATKAN EFISIENSI DAN EFEKTIFITAS SUMBER DAYA PERUSAHAAN (Studi Kasus : Qiscus Pte Ltd). *J@ti Undip : Jurnal Teknik Industri*, 12(3), 189. <https://doi.org/10.14710/jati.12.3.189-196>
- [2] Budi Santoso, 2003. Manajemen Proyek. Guna Widya. Jakarta
- [3] Febriansyah, A. (2017). Tinjauan Atas Proses Penyusunan Laporan Keuangan Pada Young Entrepreneur Academy Indonesia Bandung. *Jurnal Riset Akuntansi*, 8(2). <https://doi.org/10.34010/jra.v8i2.525>
- [4] Indonesia, U., Teknik, F., & Sipil, D. T. (2009). *TOWNHOUSE*.
- [5] Jayusman, I., & Shavab, O. A. K. (2020). Aktivitas Belajar Mahasiswa Dengan Menggunakan Media Pembelajaran Learning Management System (Lms) Berbasis Edmodo Dalam Pembelajaran Sejarah. *Jurnal Artefak*, 7(1), 13. <https://doi.org/10.25157/ja.v7i1.3180>
- [6] Lokajaya, I. N. (2019). Analisis Pengendalian Waktu Dan Biaya Pada Proyek Peningkatan Jalan Dengan Metode Cpm Dan Pert. *Heuristic*, 16(2), 104–125. <https://doi.org/10.30996/he.v16i2.2970>
- [7] Oka, J., & Kartikasari, D. (2019). Evaluasi Manajemen Waktu Proyek Menggunakan Metode Pert Dan Cpm Pada Pengerjaan “Proyek Reparasi Crane Lampson” Di Pt Mcdermott Indonesia. *Journal of Applied Business Administration*, 1(1), 28–36. <https://doi.org/10.30871/jaba.v1i1.1257>
- [8] Qomariyah, S., & Hamzah, F. (2013). Analisis Network Planning Dengan Cpm (Critical Path Method) Dalam Rangka Efisiensi Waktu Dan Biaya Proyek. 1(4), 408–416.
- [9] Sahid, M. N., Setianingsih, I., Solikhin, M., & Mulyono, G. S. (2015). Analisis Faktor-Faktor Penting Penyebab Masalah Penambahan Biaya Pada Proyek Jalan Kabupaten Klaten *Analysis Of Important Factors of Causes Problem Addition Issues On The Road Project Klaten District*. 17, 1–8.
- [10] Satyanegara, D., & Nurunnajmi, F. (2017). Penjadwalan Proyek Pembangunan Jaringan Distribusi Listrik Perdesaan. *Jurnal Organisasi Dan Manajemen*, 13(1), 30–39. <https://doi.org/10.33830/jom.v13i1.27.2017>
- [11] Schedule, T. (n.d.). *BERDASARKAN TIME SCHEDULE KURVA S PADA GEDUNG LABORATORIUM ACCELERATION OF THE DEVELOPMENT PROJECT EVALUATION BASED ON TIME SCHEDULE CURVE S LABORATORIES BUILDING AND A . Latar Belakang Dalam pelaksanaan suatu proyek terdapat tiga aspek pokok yang merupak. 1.*

- [12] Setiawan, W. (2011). *Dengan Menggunakan Metode Cpm (Critical Path Method) Dan Analisis Kurva “ S ” Pada Proyek Pengembangan Gedung Sekolah Smp Barunawati Surabaya Oleh Pt . Braja Musti Surabaya Fakultas Teknologi Industri Universitas Pembangunan Nasional “ Veteran ” Jawa Ti.*

