

Studi Rencana Anggaran Biaya dan Penjadwalan Pekerjaan dengan Metode PERT Pada Pekerjaan Perkuatan Tebing Jembatan Terusan Bojonegoro –Tuban (Kanor – Semambung) Kec. Kanor

Yoga Arga Windarta^{1*}, Nova Nevila Rodhi¹, Ayu Kurnia Ratna Sari¹,

¹Universitas Bojonegoro, Jalan Lettu Suyitno No.2 Bojonegoro

*yogaarga229@gmail.com

ABSTRAK

Permasalahan umum dalam pelaksanaan proyek konstruksi adalah adanya keterlambatan dan ketidaksesuaian antara pelaksanaan di lokasi dengan jadwal yang telah ditentukan sehingga memperpanjang waktu penyelesaian proyek konstruksi dan meningkatkan biaya dibandingkan rencana awal. Dimana sering terjadi nya keterlambatan pekerjaan pada proyek Pembangunan / Rehabilitasi jembatan di wilayah bojonegoro penulis tertarik melakukan penelitian pada lokasi Jembatan Terusan Bojonegoro - Tuban (Kanor - Semambung) Kec. Kanor Kab. Bojonegoro, dan Penulis ingin membuat bacaan untuk mahasiswa Teknik sipil khususnya. Pada tugas akhir ini, peneliti menggunakan metode PERT (Project Evaluation and Review Technique) untuk menganalisis jadwal proyek tersebut berdasarkan permasalahan di atas. Metode PERT berfokus pada optimalisasi waktu penyelesaian proyek dan bukan pada minimalisasi biaya, maka waktu penyelesaian suatu pekerjaan tertentu dalam suatu proyek bersifat probabilistik. Dari hasil yang telah didapatkan diketahui bahwa kemungkinan proyek dapat diselesaikan dalam waktu 112 hari adalah 36.21%, sedangkan penyelesaian proyek dalam waktu 120 hari sebesar 50%, selain itu probabilitas penyelesaian proyek dalam 137 hari adalah 99%. Dengan demikian, durasi penyelesaian proyek Peruatan Tebing Jembatan Terusan Bojonegoro -Tuban menggunakan Metode PERT dalam waktu 137 hari merupakan waktu terlama dan paling optimum dengan tingkat probabilitas sebesar 99%. Dikarenakan Probabilitas penyelesaian proyek 100% jatuh pada hari ke 137, maka perlu diterapkan metode Crashing (Percepatan durasi proyek) berupa penambahan 1 jam lembur pada jalur kritis dengan hasil percepatan 31 hari, dengan ini proyek dapat selesai dengan durasi 106 hari dengan penambahan biaya Crashing sebesar Rp.35.582.142,86

Kata kunci : Probabilitas penyelesaian proyek, Metode PERT, Ms Project .

ABSTRACT

Common problems in implementing construction projects are delays and discrepancies between implementation on site and the predetermined schedule, thereby extending the completion time of construction projects and increasing costs compared to the initial plan. Where work delays often occur on bridge construction/rehabilitation projects in the Bojonegoro area, the author is interested in conducting research at the location of the Bojonegoro - Tuban (Kanor - Semambung) Canal Bridge, Kec. District Office Bojonegoro, and the author wants to make reading material for civil engineering students in particular. In this final assignment, researchers used the PERT (Project Evaluation and Review Technique) method to analyze the project schedule based on the problems above. The PERT method focuses on optimizing project completion time and not on minimizing costs, so the completion time of a particular job in a project is probabilistic. From the results obtained, it is known that the probability that the project can be completed within 112 days is 36.21%, while the probability of project completion within 120 days is 50%, apart from that the probability of project completion within 137 days is 99%. Thus, the duration of completion of the Bojonegoro - Tuban Canal Bridge Cliff Reinforcement project using the PERT Method within 137 days is the longest and most optimal time with a probability level of 99%. Because the 100% probability of project completion falls on day 137, it is necessary to apply the Crashing method (Accelerating project duration) in the form of adding 1 hour of overtime to the critical path with an acceleration result of 31 days, with this the project can be completed with a duration of 106 days with an additional Crashing cost of IDR 35,582,142.86

Keywords : Probability of project completion, PERT method, Ms Project.

1. PENDAHULUAN

Manajemen konstruksi mencakup penjadwalan, yang menentukan urutan atau langkah-langkah pelaksanaan dalam suatu proyek untuk memenuhi waktu yang ditargetkan dalam

mencapai tujuan proyek. Menurut Callahan (1992) dalam Setiawati dkk (2017), perencanaan dalam proyek konstruksi adalah serangkaian aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek dalam waktu yang ditentukan, guna memastikan proyek dapat selesai tepat waktu dan dengan biaya yang efisien.

Masalah umum yang sering dihadapi dalam pelaksanaan proyek konstruksi adalah keterlambatan dan ketidaksesuaian antara pelaksanaan di lapangan dengan jadwal yang telah ditetapkan, yang mengakibatkan perpanjangan waktu penyelesaian proyek dan peningkatan biaya dibandingkan dengan perencanaan awal. Keterlambatan dalam proyek konstruksi dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti ketidaksesuaian kondisi di lapangan dengan perencanaan, perubahan cuaca yang sulit diprediksi, ketersediaan peralatan dan material, kekurangan tenaga kerja, perubahan desain konstruksi asli, dan kesalahan dalam perancangan (Wirabakti et al., 2017).

Metode PERT menggunakan satuan waktu untuk menentukan durasi sebagai acuan dalam menilai tingkat ketidakpastian yang terkait dengan proses penentuan durasi kegiatan (te). PERT bersifat subjektif karena dalam menentukan derajat ketidakpastian, metode ini bergantung pada estimasi angka yang digunakan untuk menentukan waktu tercepat (a), waktu terlama (b), dan waktu yang paling sering terjadi (m). Fokus utama dari metode ini adalah pada lintasan kritis dan jalur terpanjang. Untuk mengatasi hal tersebut, pendekatannya adalah dengan mempertimbangkan tiga estimasi waktu untuk menentukan durasi tunggal yang terkait dengan kegiatan kritis, guna mengetahui jumlah kumulatif lintasan kritis.

Dimana sering terjadi nya keterlambatan pekerjaan pada proyek Pembangunan/Rehabilitasi jembatan di wilayah bojonegoro penulis tertarik melakukan penelitian pada lokasi Jembatan Terusan Bojonegoro - Tuban (Kanor - Semambung) Kec. Kanor Kab. Bojonegoro, dan Penulis ingin membuat bacaan untuk mahasiswa Teknik sipil khususnya. Pada penelitian ini, Peneliti menggunakan metode PERT (Project Evaluation and Review Technique) untuk menganalisis jadwal proyek berdasarkan permasalahan yang ada. Metode PERT fokus pada optimasi waktu penyelesaian proyek, bukan pada pengurangan biaya. Oleh karena itu, waktu penyelesaian suatu pekerjaan dalam proyek bersifat probabilistik. PERT berusaha memprediksi kemungkinan keterlambatan penyelesaian proyek dengan melakukan simulasi terhadap penundaan yang tidak terlalu menyimpang dari jadwal yang telah direncanakan.

PERT digunakan untuk memperkirakan kemungkinan suatu proyek selesai tepat waktu sesuai rencana. Teknik ini melibatkan tiga estimasi waktu untuk setiap kegiatan. Menurut Heizer dan Render (2005) dalam Dannyanti (2010), PERT menggunakan distribusi probabilitas berdasarkan tiga perkiraan waktu, yaitu optimis, pesimistis, dan realistis. Karena durasi tiap aktivitas bervariasi antara optimis dan pesimistis, maka dapat dihitung standar deviasi dan rata-rata untuk setiap aktivitas. Berdasarkan parameter ini, distribusi waktu penyelesaian proyek dan probabilitas penyelesaian proyek dihitung. PERT lebih fokus pada pencapaian periode optimal atau tujuan yang lebih spesifik (Ramadhan dan Sugayono, 2019).

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan cara yang digunakan untuk memperoleh data yang sesuai dengan tujuan penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi Studi Rencana Anggaran Biayadan Penjadwalan Pekerjaan dengan Metode PERT pada Perkuatan Tebing Jembatan Terusan Bojonegoro - Tuban (Kanor - Semambung) Kec. Kanor” yang Beralamat di Ruas Jalan Kanor - Semambung, Kabupaten Bojonegoro.

TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Tempat dan waktu penelitian merupakan lokasi dimana studi kasus untuk Tugas akhir ini

1. Hari/tanggal : (selama penelitian berlangsung)
2. Waktu : (selama penelitian berlangsung)
Tempat/Lokasi : Jembatan Terusan Bojonegoro - Tuban (Kanor - Semambung) Kec. Kanor Kabupaten Bojonegoro.

PENGUMPULAN DATA

Terdapat dua jenis data, yaitu data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari lapangan atau melalui survei. Dalam penelitian ini, data primer diperoleh melalui wawancara yang dilakukan oleh manajer proyek, yang mencakup periode optimis (a), pesimistis (b), dan paling mungkin (m), di mana kegiatan diperkirakan akan diselesaikan paling cepat 20% dan paling lambat 40% dari durasi normal. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari literatur atau sumber tertulis yang relevan dengan topik penelitian. Langkah pertama yang harus dilakukan adalah mengumpulkan data yang diperlukan untuk analisis dalam penelitian ini, yang mencakup data berikut:

- a. Daftar analisa harga satuan pekerja dari konsultan perencana.
- b. Harga upah dan material.
- c. Rencana Anggaran Biaya (RAB), kurva S, time schedule, volume pekerjaan
- d. Gambar kerja. Subjek Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan tabel keterkaitan komponen-komponen kegiatan proyek Perkuatan Tebing Jembatan Terusan Bojonegoro - Tuban (Kanor - Semambung) Kec. Kanor” yang Beralamat di Ruas Jalan Kanor - Semambung, Kabupaten Bojonegoro.

Analisa Data

Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan merupakan penjumlahan harga satuan bahan dan upah harian dikalikan dengan koefisien. Tujuannya untuk mengetahui berapa biaya material dan tenaga kerja yang dibutuhkan setiap unit pekerjaan.

$$\text{Harga Sat Pek} = \text{Koef} \times \text{Harga Sat Upah}$$

Contoh perhitungan analisa harga satuan pekerjaan:

Diambil dari perhitungan galian tanah biasa sedalam 2 meter

Koefisien Tenaga : 0,05380 Pekerja
0,02690 Mandor

Harga Tenaga : Pekerja = Rp. 12,857,14

Mandor = Rp. 16,428,57

Harga Satuan Upah : Pekerja = $0,05380 \times \text{Rp. } 12,857,14 = \text{Rp. } 691.71$

Mandor = $0,02690 \times \text{Rp. } 16,428,57 = \text{Rp. } 441.93$

Harga Satuan Pekerjaan Perhari = $\text{Rp. } 1.133,64/\text{m}^3 \times 10\%$

(Sumber: Data hasil perhitungan) Untuk lebih jelasnya lihat dilampiran

4.1.1 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya merupakan perkiraan biaya secara rinci untuk berbagai item pekerjaan, sehingga dapat diketahui total biaya yang dikeluarkan untuk setiap pekerjaan.

Tabel 1. Rekap Rencana Anggaran Biaya
(Sumber: Hasil Perhitungan Terlampir pada Lampiran III)

No	Jenis Pekerjaan	Jumlah	Total
I.	DIVISI 1. UMUM		Rp 156,000,000.00
1.1	Mobilisasi	Rp 125,000,000.00	
1.2	Kantor Lapangan dan Fasilitasnya	Rp 6,000,000.00	
1.3	Fasilitas dan Pelayanan Pengujian	Rp 25,000,000.00	
II.	DIVISI 2. (SMKK)		Rp 59,500,000.00
2.1	Penyiapan Dokumen Penerapan SMKK :	Rp 1,250,000.00	
2.2	Sosialisasi, Promosi dan Pelatihan :	Rp 3,000,000.00	
2.3	Alat Pelindung Kerja dan Alat Pelindung Diri:	Rp 12,000,000.00	
2.4	Asuransi dan perizinan terkait keselamatan konstruksi :	Rp 8,000,000.00	
2.5	Personel Keselamatan Konstruksi:	Rp 15,000,000.00	
2.6	Fasilitas sarana, prasarana, dan alat kesehatan:	Rp 5,000,000.00	
2.7	Rambu dan Perlengkapan lalu lintas yang diperlukan atau manajemen lalu lintas:	Rp 4,500,000.00	
2.8	Konsultasi Dengan Ahli Terkait Keselamatan Konstruksi	Rp 10,000,000.00	
2.9	Kegiatan dan Peralatan Terkait Pengendalian Risiko Keselamatan Konstruksi	Rp 750,000.00	
IV.	DIVISI 4. PEKERJAAN TANAH DAN GEOSINTETIK		Rp 651,658,990.00
4.1	Galian Biasa	Rp 221,075,578.00	
4.2	Timbunan Biasa Dari Hasil Galian (Pemadatan dengan Stamper) Dalam Sheet Pile	Rp 53,016,380.00	
4.3	Timbunan Pilihan dari sumber galian Limestone (Untuk Lokasi Pemancangan)	Rp 377,567,032.00	
VIII	DIVISI 8. STRUKTUR		Rp 3,956,450,273.96
8.1	Beton struktur, fc'30 Mpa (K-350) dengan Begisting	Rp 424,236,924.00	
8.2	Beton, fc'10 Mpa (K-125) dengan Begisting	Rp 5,435,856.00	
8.3	Baja Tulangan Polos-BjTP 280	Rp 88,816,882.00	
8.4	Baja Tulangan Sirip BjTS 420A	Rp 448,798,350.00	
8.5	Penyediaan Turap Beton CCSP W 500A mm	Rp 2,042,727,000.00	
8.6	Pemancangan Turap Beton CCSP W 500A mm	Rp 605,904,000.00	
8.7	Pengetesan Turap Beton CCSP W500A	Rp 55,000,000.00	
8.9	Tiang Bor Beton, diameter 300 mm (Termasuk Besi dan Beton)	Rp 30,405,000.00	
8.10	Pengadaan, Pemasangan & Stressing Tie Back Strand 10@ 12,7 mm	Rp 189,000,000.00	
8.11	Pengembalian kondisi Rumah bekas pemasangan Tie Back 3 Titik	Rp 18,000,000.00	
8.12	Pasangan Batu	Rp 41,037,987.96	
8.13	Pembongkaran Pasangan Batu & Bata	Rp 1,716,750.00	
8.14	Pembongkaran Beton	Rp 5,371,524.00	
		TOTAL	Rp 4,823,609,263.96

Tabel 2. Penggunaan Tenaga Kerja/SDM

No	Uraian	Durasi (hari)	Tenaga Kerja (OH/hr)
PEKERJAAN REHABILITASI JEMBATAN PERKUATAN TEBING JEMBATAN TERUSAN BOJONEGORO -TUBAN (KANOR)			
A. UMUM			
A1	Mobilisasi Dan Demobilisasi Peralatan	6	3
A2	Kantor Lapangan Dan Fasilitasnya	6	3
A3	Fasilitas dan Pelayanan Pengujian	1	1
B. SISTEM MANAJEMEN KESELAMATAN KONSTRUKSI (SMKK)			
B1	Penyiapan Dokumen Penerapan SMKK :	7	1
B2	Sosialisasi, Promosi dan Pelatihan :	7	1
B3	Alat Pelindung Kerja dan Alat Pelindung Diri:	7	1
B4	Asuransi dan perizinan terkait keselamatankonstruksi :	7	1
B5	Personel Keselamatan Konstruksi:	7	1
B6	Fasilitas sarana, prasarana, dan alat kesehatan:	7	1
B7	Rambu dan Perlengkapan lalu lintas yang diperlukan atau manajemen lalu lintas:	7	1
B8	Konsultasi Dengan Ahli Terkait Keselamatan Konstruksi	7	1
B9	Kegiatan dan Peralatan Terkait Pengendalian Risiko Keselamatan Konstruksi	7	1
C. PEKERJAAN TANAH DAN GEOSINTETIK			
C1	Galian Biasa	14	2
C2	Timbunan Biasa Dari Hasil Galian (Pemasangan dengan Stamper) Dalam Sheet Pile	21	14
C3	Timbunan Pilihan dari sumber galian Limestone(Untuk Lokasi Pemancangan)	14	2
D. STRUKTUR			
D1	Beton struktur, $f_c'30$ Mpa (K-350) dengan Begisting	14	4
D2	Beton, $f_c'10$ Mpa (K-125) dengan Begisting	3	4
D3	Baja Tulangan Polos-BjTP 280	11	9
D4	Baja Tulangan Sirip BjTS 420A	11	23
D5	Penyediaan Turap Beton CCSP W 500A mm	49	3
D6	Pemancangan Turap Beton CCSP W 500A mm	49	16
D7	Pengetesan Turap Beton CCSP W500A	1	1
D8	Tiang Bor Beton, diameter 300 mm (TermasukBesi dan Beton)	14	4
D9	Pengadaan, Pemasangan & Stressing Tie BackStrand 10@ 12,7 mm	28	3
D10	Pengembalian kondisi Rumah bekas pemasanganTie Back 3 Titik	4	7
D11	Pasangan Batu	3	2
D12	Pembongkaran Pasangan Batu & Bata	7	6
D13	Pembongkaran Beton	49	6

Tabel 3. Penjadwalan dengan Microsoft project

N o	Uraian	Durasi (Hari)	Pred eces sors	Successors
	PEKERJAAN REHABILITASI JEMBATAN PERKUATAN TEBING JEMBATAN TERUSAN BOJONEGORO - TUBAN (KANOR)	120 days		
1	UMUM	113 days		
2	Mobilisasi Dan Demobilisasi Peralatan	6 days		3SS,6
3	Kantor Lapangan Dan Fasilitasnya	6 days	2SS	6
4	Fasilitas dan Pelayanan Pengujian	1 day	30	
5	SISTEM MANAJEMEN KESELAMATAN KONSTRUKSI (SMKK)	14 days		
6	Penyiapan Dokumen Penerapan SMKK :	7 days	2,3	7SS,8SS,9SS+7 days,10SS+7 days,11SS,12SS,13SS+ 7 days,14SS+7 days,16SS
7	Sosialisasi, Promosi dan Pelatihan :	7 days	6SS	
8	Alat Pelindung Kerja dan Alat Pelindung Diri:	7 days	6SS	
9	Asuransi dan perizinan terkait keselamatankonstruksi :	7 days	6SS+ 7 days	
10	Personel Keselamatan Konstruksi:	7 days	6SS+ 7 days	
11	Fasilitas sarana, prasarana, dan alat kesehatan:	7 days	6SS	
12	Rambu dan Perlengkapan lalu lintas yang diperlukan atau manajemen lalu lintas:	7 days	6SS	
13	Konsultasi Dengan Ahli Terkait Keselamatan Konstruksi	7 days	6SS+ 7 days	
14	Kegiatan dan Peralatan Terkait Pengendalian Risiko Keselamatan Konstruksi	7 days	6SS+ 7 days	
15	PEKERJAAN TANAH DAN GEOSINTETIK	51 days		
16	Galian Biasa	14 days	6SS	18
17	Timbunan Biasa Dari Hasil Galian (Pematatan dengan Stamper) Dalam Sheet Pile	21 days	32	
18	Timbunan Pilihan dari sumber galian Limestone(Untuk Lokasi Pemancangan)	14 days	16	24,27
19	STRUKTUR	99 days		
20	Beton struktur, fc'30 Mpa (K-350) dengan Begisting	14 days	22,23 ,28	29
21	Beton, fc'10 Mpa (K-125) dengan Begisting	7 days	32	22,23
22	Baja Tulangan Polos-BjTP 280	14 days	21	20,23SS

2				
2	Baja Tulangan Sirip BjTS 420A	14 days	21,22 SS	20
3				
2	Penyediaan Turap Beton CCSP W 500A mm	49 days	18	25SS,26SS+1 day
4				
2	Pemancangan Turap Beton CCSP W 500A mm	48 days	24SS	32SS
5				
2	Pengetesan Turap Beton CCSP W500A	1 day	24SS +1 day	
6				
2	Tiang Bor Beton, diameter 300 mm (Termasuk Besi dan Beton)	14 days	18	31
7				
2	Pengadaan, Pemasangan & Stressing Tie Back Strand	28 days	31	20,29
8	10@ 12,7 mm			
2	Pengembalian kondisi Rumah bekas pemasangan Tie	5 days	20,2 8	30
9	Back 3 Titik			
3	Pasangan Batu	3 days	29	4
0				
3	Pembongkaran Pasangan Batu & Bata	7 days	27	28
1				
3	Pembongkaran Beton	47 days	25SS	21,17
2				

(Sumber: Hasil Perhitungan Terlampir pada Lampiran V)

Analisa Durasi Pekerjaan

Pada saat menganalisis durasi kegiatan dengan metode PERT. Penentuan durasi pada PERT menggunakan satuan periode waktu. Periode ini memberikan tingkat derajat ketidakpastian dalam proses penentuan durasi (te) suatu kegiatan. Derajat ketidakpastian bergantung pada besarnya nilai taksiran yang dipakai dalam penentuan durasi optimis (a), pesimis (b) dan paling mungkin (m).

Dalam teknik PERT, tolak ukur yang digunakan dalam menentukan durasi estimasi dengan menggunakan periode waktu tersebut dikenal sebagai standar deviasi (S) dan varians (V). Menurut statistik, $1/6$ dari rentang distribusi (b-a) merupakan rumus dalam menentukan angka simpangan baku, dan variansnya adalah simpangan baku kuadrat.

Tahap Forward Computation dan Backward Computation

Hitungan Maju (Forward Computation)

Jika terdapat lebih dari satu konstrain, maka untuk menentukan ES :

ES_j	Pilih angka	$ES_i + SS_j$
	paling besar dari	atau
		$ES_i + FS_{ij} - D_j$
		atau
		$EF_i + FS_{ij}$
		atau

$$EF_i + FF_{ij} - D_j$$

Pekerjaan Umum Mobilisasi Peralatan

$$\begin{aligned} \text{Dianggap mulai} &= 08 \text{ Agustus} \\ \text{awal} &= 2023 \\ D &= 7 \text{ hari} \\ ES(A) &= 0 \\ EF(A) &= ES(A) + D(A) \\ &= 7+7 \\ &= 15 \text{ Agustus} \\ &= 2023 \end{aligned}$$

Pekerjaan Timbunan Pilihan untuk lokasi pemancangan Predecessor: A (FS)

$$\begin{aligned} D &= 48 \text{ hari} \\ ES(B) &= EF(A) - FS \\ &= 15 \text{ Agustus} - 0 \\ &= 15 \text{ Agustus} \\ EF(B) &= ES(B) + D(B) \\ &= 7+48 \\ &= 02 \text{ Oktober} \\ &= 2023 \end{aligned}$$

Jadi, kesimpulannya waktu paling awal untuk pekerjaan Mobilisasi peralatan adalah tanggal 15 Agustus 2023 setelah pekerjaan Persiapan tanggal 8 Agustus 2023.

Hitungan Mundur (*Backward computation*)

Jika terdapat lebih dari satu konstrain, maka untuk menentukan LS:

ES_j	Pilih angka paling	$LS(j) - FS(i-j)$
	kecil dari	atau
		$LF(j) - FF(i-j)$
		atau
		$LS(j) - SS(i-j) + D(j)$
		atau
		$LF(j) - SF(i-j) + D(i)$

3. Fasilitas dan Pelayanan Pengujian

Pekerjaan Fasilitas dan Pelayanan Pengujian merupakan pekerjaan paling akhir dari rangkaian kegiatan pada Perkuatan Tebing Jembatan. Jadi LF (10) dapat diartikan waktu paling akhirdari seluruh rangkaian kegiatan proyek.

$$LF (I) = 05 \text{ Desember } 2023$$

$$D = 1 \text{ hari}$$

$$LS (I) = LF (I) - D (I)$$

$$= 5 \text{ Desember} - 1$$

$$= 04 \text{ Desember } 2023$$

4. Pasangan Batu Predecessor : I (FS)

$$LF (P) = LF (I) + 0$$

$$= 04 \text{ Desember } 2023$$

$$D (P) = 3 \text{ Hari}$$

$$LS (P) = LF (P) - D$$

$$= 4 \text{ Desember} - 24$$

$$= 01 \text{ Desember } 2023$$

Jadi kesimpulannya waktu paling akhir untuk pekerjaanpasangan batu adalah tanggal 4 Desember 2023.

Analisa Jalur Kritis

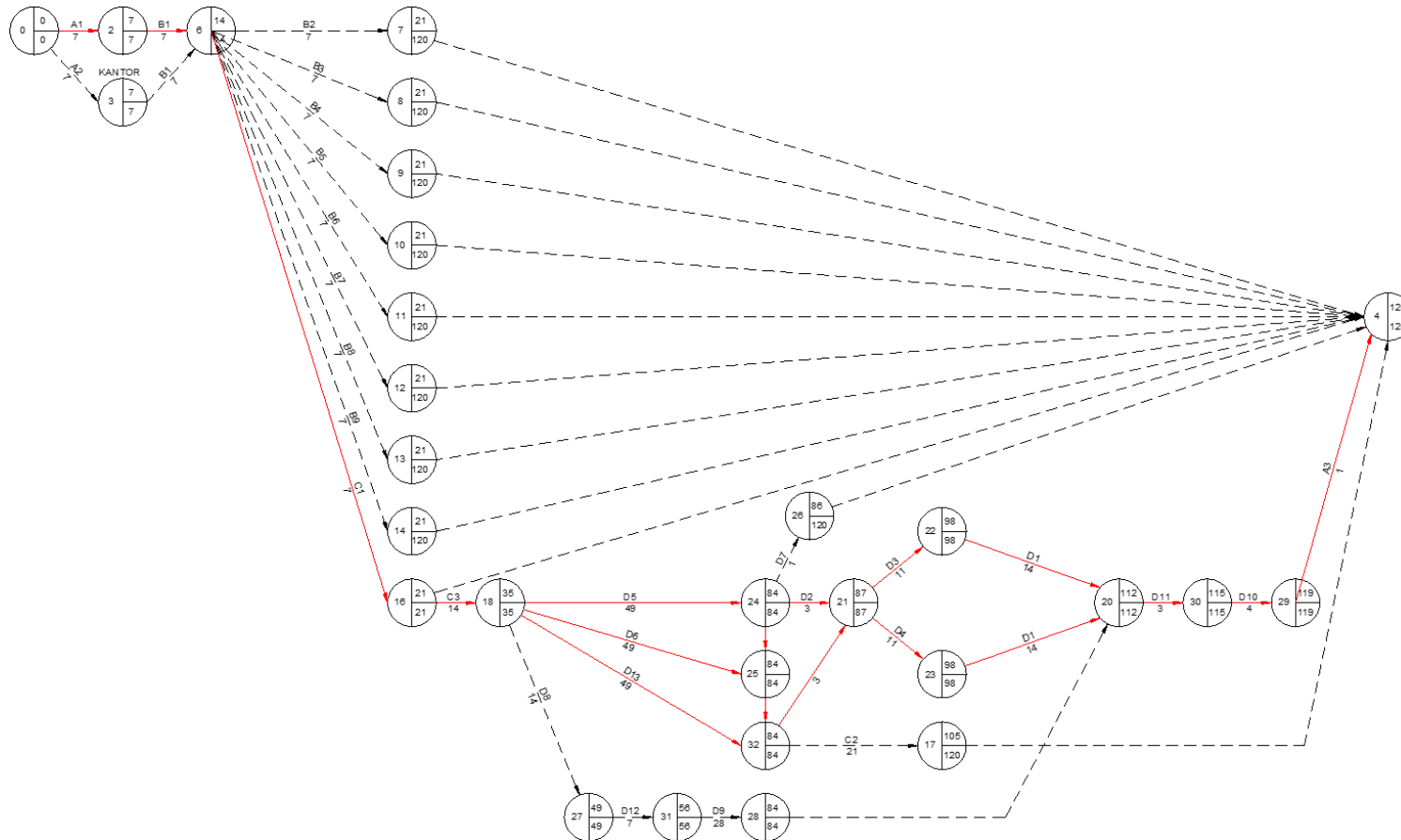
Tujuan dari fase ini adalah untuk menentukan hubungan antar masing-masing aktivitas serta menentukan jenis aktivitas mana yang berada di lintasan kritis. Lintasan kritis merupakan jalur atau rangkaian aktifitas yang pelasaannya tidak bolehditunda. Jika satu atau lebih kegiatan tertunda, maka penyelesaiankeseluruhan proyek akan tertunda.

Tabel 4. Penentuan Kegiatan Kritis

KODE	URAIAN PEKERJAAN	TE	E	E	L	L	To
			S	F	S	F	tal
							Fl
							oa
							t
							Sl
							ac
							k
PEKERJAAN REHABILITASI JEMBATAN PERKUATAN TEBING JEMBATAN TERUSAN BOJONEGORO - TUBAN (KANOR)							
A	UMUM						
A1	Mobilisasi Dan Demobilisasi Peralatan	6	0	6	0	6	0
A2	Kantor Lapangan Dan Fasilitasnya	6	0	6	0	6	0
A3	Fasilitas dan Pelayanan Pengujian	1	11	1	1	11	0
			8	1	1	9	
				9	8		
B	SISTEM MANAJEMEN KESELAMATAN KONSTRUKSI (SMKK)						
B1	Penyiapan Dokumen Penerapan SMKK :	7	6	1	6	1	0
				3	3		

B2	Sosialisasi, Promosi dan Pelatihan :	7	6	1	6	11	10
				3		9	6
B3	Alat Pelindung Kerja dan Alat Pelindung Diri:	7	6	1	1	11	10
				3	3	9	6
B4	Asuransi dan perizinan terkait keselamatankonstruksi :	7	6	1	1	11	10
				3	3	9	6
B5	Personel Keselamatan Konstruksi:	7	6	1	6	11	10
				3		9	6
B6	Fasilitas sarana, prasarana, dan alat kesehatan:	7	6	1	6	11	10
				3		9	6
B7	Rambu dan Perlengkapan lalu lintas yang diperlukan atau manajemen lalu lintas:	7	6	1	1	11	10
				3	3	9	6
B8	Konsultasi Dengan Ahli Terkait Keselamatan Konstruksi	7	6	1	1	11	10
				3	3	9	6
B9	Kegiatan dan Peralatan Terkait Pengendalian Risiko Keselamatan Konstruksi	7	6	1	6	11	10
				3		9	6
C	PEKERJAAN TANAH DAN GEOSINTETIK						
C1	Galian Biasa	14	6	2	6	2	0
				0		0	
C2	Timbunan Biasa Dari Hasil Galian (Pemadatan dengan Stamper) Dalam Sheet Pile	21	8	1	8	11	14
			3	0	3	8	
				4			
C3	Timbunan Pilihan dari sumber galian Limestone(Untuk Lokasi Pemancangan)	14	2	3	2	3	0
			0	4	0	4	
D	STRUKTUR						
D1	Beton struktur, fc'30 Mpa (K-350) dengan Begisting	14	9	1	9	11	0
			7	1	7	1	
				1			
D2	Beton, fc'10 Mpa (K-125) dengan Begisting	3	8	8	8	8	0
			3	6	3	6	
D3	Baja Tulangan Polos-BJTP 280	11	8	9	8	9	0
			6	7	7	7	
D4	Baja Tulangan Sirip BJTS 420A	11	8	9	8	9	0
			6	7	7	7	
D5	Penyediaan Turap Beton CCSP W 500A mm	49	3	8	3	8	0
			4	3	4	3	
D6	Pemancangan Turap Beton CCSP W 500A mm	49	3	8	3	8	0
			4	3	4	3	
D7	Pengetesan Turap Beton CCSP W500A	1	8	8	8	8	0
			3	4	3	4	
D8	Tiang Bor Beton, diameter 300 mm (TermasukBesi dan Beton)	14	3	4	3	4	0
			4	8	4	8	
D9	Pengadaan, Pemasangan & Stressing Tie BackStrand 10@ 12,7 mm	28	5	8	5	8	0
			5	3	5	3	
D10	Pengembalian kondisi Rumah bekas pemasanganTie Back 3 Titik	4	11	1	1	11	0
			4	1	1	8	
				8	5		
D11	Pasangan Batu	3	11	1	1	11	0
			1	1	1	4	
				4	1		
D12	Pembongkaran Pasangan Batu & Bata	7	4	5	4	5	0
			8	5	8	5	
D13	Pembongkaran Beton	49	3	8	3	8	0
			4	3	4	3	

Hasil yang didapatkan dari perhitungan penentuan kegiatan kritis, yang tergolong jalur kritis adalah kegiatan yang waktu tunda Slack/Floatnya sama dengan nol ($LS - ES = LF - EF = 0$). Kegiatan yang termasuk dalam jalur kritis yaitu kegiatan dengan nomor 2-3-4-6-16-18-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32. Jumlah kumulatif durasi kegiatan yang termasuk jalur kritis adalah 120 hari kerja.



Analisa Target Penyelesaian Proyek

Selama pelaksanaan proyek, serangkaian tonggak kemajuan sering terjadi pada jadwal yang ditargetkan atau jadwal penyelesaian yang ditetapkan. Korelasi antara durasi yang diharapkan (TE) dan durasi target penyelesaian $T(d)$ digunakan untuk menentukan kemungkinan suatu proyek akan selesai tepat waktu, hal ini dinyatakan sebagai z dalam metode PERT dan dirumuskan sebagai berikut:

$$z = \frac{T(d) - TE}{S}$$

Berdasarkan teori probabilitas, maka dapat diketahui waktu penyelesaian proyek adalah 120 hari yang merupakan total periode kumulatif dari kegiatan – kegiatan kritis. Pada jaringan kerja, peristiwa akhir adalah peristiwa ke – 19 yang memiliki TE = 120 Hari.

A. Menentukan Nilai Deviasi Standar dan Varians

Sebelum mencari nilai z terlebih dahulu menghitung simpangan baku dan varians tiap – tiap pekerjaan. Penentuan angka simpangan baku dan varians ditunjukkan pada Tabel 4.4. Dari perhitungan sebelumnya diketahui bahwa $V(TE) - 4$ adalah total periode kumulatif dari kegiatan – kegiatan kritis, yaitu sebesar 120 hari. Berdasarkan Tabel 4.4 dapat diketahui varians dari kegiatan – kegiatan kritis, yakni:

$$\begin{aligned} V(TE) - 4 &= V(te)_{1-2} + V(te)_{2-3} + V(te)_{3-4} + V(te)_{4-6} + V(te)_{6-15} + V(te)_{15-18} + V(te)_{18-20} \\ &+ V(te)_{20-21} + V(te)_{21-22} + V(te)_{22-23} + V(te)_{24-25} + V(te)_{25-26} + V(te)_{26-27} + V(te)_{27-28} \\ &+ V(te)_{28-29} + V(te)_{29-30} + V(te)_{30-31} + V(te)_{31-32} \\ &= 0 + 9,00 + 9,00 + 13,44 + 5,44 + 5,44 + 12,25 + 7,11 + 5,44 + 1,36 + 1,78 \\ &= 53,19 \end{aligned}$$

Dengan total Varians $V(TE) - 4 = 53,19$ maka $S = \sqrt{53,19}$,

$= 7,29$ atau $3S = 22,50$. Diperoleh harga $3S = 22,50$, maka didapatkan kurun waktu penyelesaian proyek sebesar $120 \pm 22,50$ hari.

Dari penjelasan di atas maka waktu tercepat penyelesaian proyek adalah $120 - 7,29 = 112,71$ hari ~ 112 hari dan penyelesaian proyek paling lambat adalah $120 + 7,29 = 127,29$ hari ~ 128 hari.

B. Analisa Target Waktu Penyelesaian Proyek $T(d)$

1. Jika diasumsikan target penyelesaian pada hari $T(d) = 120 - 7,29 = 112,71$ hari ~ 112 hari.

$$\begin{aligned} z &= \frac{T(d) - TE}{S} \\ &= \frac{120 - 112}{7,29} \end{aligned}$$

Jika diasumsikan target penyelesaian pada hari $T(d) = 120$ hari.

$$\begin{aligned} Z &= \frac{T(d) - TE}{S} \\ &= \frac{120 - 120}{7,29} \\ &= 0 \end{aligned}$$

Dengan mengacu pada tabel distribusi normal kumulatif, didapat nilai $z = 0$, dengan angka 0,5. Kemungkinan selesainya proyek dalam waktu 120 hari sebesar 50%.

3. Untuk mendapatkan probabilitas 99% sesuai dengan keinginan maka diambil pendekatan dari tabel appendix distribusi normal 0,9901 di peroleh $z = 2,33$ sehingga penyelesaian proyek jatuh pada:

$$\begin{aligned} Z &= \frac{T(d) - TE}{S} \\ Z &= \frac{T(d) - 120}{7,29} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T(d) &= (7,29 \times 2,33) + 120 \\ &= 136,98 \sim 137 \text{ hari} \end{aligned}$$

Tabel 5. Analisa Target Waktu Penyelesaian Proyek $T(d)$

Uraian	Analisa			Eksistinsg Proyek
	Metode PERT			
DURASI	112	120	137	120
PROYEK (Hari)				
PROBABILITAS	36.2	50.	99.	50.00
PENYELESAIAN	1	00	01	
PROYEK (%)				

Dari hasil yang telah didapatkan diketahui bahwa kemungkinan proyek dapat diselesaikan dalam waktu 112 hari adalah 36.21%, sedangkan penyelesaian proyek dalam waktu 120 hari sebesar 50%, selain itu probabilitas penyelesaian proyek dalam waktu 137 hari adalah 99%. Dengan demikian, durasi penyelesaian proyek Peruatan Tebing Jembatan Terusan Bojonegoro -Tuban menggunakan Metode PERT dalam waktu 137 hari merupakan waktu terlama dan paling optimum dengan tingkat probabilitas sebesar 99%.

Analisa Crash Duration

Crash Duration adalah suatu metode mempercepat waktu proyek secepat mungkin dari

waktu yang direncanakan diawal. Dalam penelitian ini, percepatan waktu proyek menggunakan penambahan jam lembur pada aktivitas-aktivitas pekerjaan yang berada pada jalur kritis. Oleh karena itu, perlu dipertimbangkan produktivitas pekerja jika ditambahkan jam kerja pada pekerja tersebut. Produktivitas kerja lembur untuk 1 jam lembur adalah 90 %, pada 2 jam lembur adalah 80 %, pada tiga jam lembur adalah 70 %. Penurunan produktivitas pekerja tersebut dikarenakan oleh banyak faktor yang meliputi kelelahan pekerja, cuaca yang dingin, dan penglihatan yang kurang baik pada malam hari. Perhitungan CrashDuration pada proyek pembangunan dermaga dapat dihitung dengan rumus sebagaiberikut :

Contoh perhitungan durasi yang bisa di crash pada pekerjaan tiang pancang dengan penambahan 1 jam lembur :

(Volume)

$$(Prod. perjam \times jam\ kerja) + \sum jam\ lembur \times penurunan\ prod \times prod. perjam)$$

Tabel 6. Hasil Perhitungan durasi dipercepat dengan penambahan 1 jam lembur

NO.	URAIAN PEKERJAAN	KODE	Durasi Normal	Durasi akibat Crashing
PEKERJAAN TANAH DAN GEOSINTETIK				
16	Galian Biasa	C1	14	12
18	Timbunan Pilihan dari sumber galian Limestone (Untuk Lokasi Pemancangan)	C3	14	12
STRUKTUR				
20	Beton struktur, fc'30 Mpa (K-350) dengan Begisting	D1	14	12
21	Beton, fc'10 Mpa (K-125) dengan Begisting	D2	3	3
22	Baja Tulangan Polos-BjTP 280	D3	11	10
23	Baja Tulangan Sirip BjTS 420A	D4	11	10
24	Penyediaan Turap Beton CCSP W 500A mm	D5	49	44
25	Pemancangan Turap Beton CCSP W 500A mm	D6	49	44
26	Pengtesan Turap Beton CCSP W500A	D7	1	1
27	Tiang Bor Beton, diameter 300 mm (Termasuk Besi dan Beton)	D8	14	13
28	Pengadaan, Pemasangan & Stressing Tie Back Strand 10@ 12,7 mm	D9	28	25
29	Pengembalian kondisi Rumah bekas pemasangan Tie Back 3 Titik	D10	4	4
30	Pasangan Batu	D11	3	3
31	Pembongkaran Pasangan Batu & Bata	D12	7	3
32	Pembongkaran Beton	D13	49	44

Berikut adalah durasi crashing akibat penambahan 1 jam lembur pada kegiatan yang berada di jalur kritis. Dari tabel diatas dapat diketahui dengan penambahan 1 jam lembur durasi maksimal proyek akibat percepatan adalah 31 hari.

Perhitungan Biaya

Biaya Crashing

Penambahan biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi crashing (pada kondisi waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan suatu aktivitas).

Berikut adalah contoh perhitungan biaya Crashing pada kegiatan pekerjaan beton Beton struktur, fc'30 Mpa (K-350) dengan Begisting dengan penambahan 1 jam lembur

Crash Cost = Gaji Tenaga Kerja Per Jam x Banyak Tenaga Kerja x JamLembur x Durasi Crashing

$$= \text{Rp. } 14.642,86 \times 13 \times 1 \times 12$$

$$= \text{Rp. } 2.284.285,71$$

Tabel 7. Hasil Perhitungan biaya dengan penambahan 1 jam lembur

NO.	URAIAN PEKERJAAN	KODE	Biaya Crashing
	PEKERJAAN TANAH DAN GEOSINTETIK		
16	Galian Biasa	C1	1,054,285.71
18	Timbunan Pilihan dari sumber galian Limestone(Untuk Lokasi Pemancangan)	C3	1,317,857.14
	STRUKTUR		
20	Beton struktur, fc'30 Mpa (K-350) dengan Begisting	D1	3,426,428.57
21	Beton, fc'10 Mpa (K-125) dengan Begisting	D2	131,785.71
22	Baja Tulangan Polos-BjTP 280	D3	2,635,714.29
23	Baja Tulangan Sirip BjTS 420A	D4	13,617,857.14
24	Penyediaan Turap Beton CCSP W 500A mm	D5	966,428.57
25	Pemancangan Turap Beton CCSP W 500A mm	D6	22,227,857.14
26	Pengetesan Turap Beton CCSP W500A	D7	21,964.29
27	Tiang Bor Beton, diameter 300 mm (TermasukBesi dan Beton)	D8	856,607.14
28	Pengadaan, Pemasangan & Stressing Tie BackStrand 10@ 12,7 mm	D9	1,098,214.29
29	Pengembalian kondisi Rumah bekas pemasanganTie Back 3 Titik	D10	4,920,000.00
30	Pasangan Batu	D11	65,892.86
31	Pembongkaran Pasangan Batu & Bata	D12	65,892.86
32	Pembongkaran Beton	D13	966,428.57
<i>Jumlah Total Biaya Crashing</i>			53,373,214.29

Perhitungan Biaya

Biaya Langsung Dan Tidak Langsung

A. Biaya Langsung

Biaya yang secara akurat ditelusuri ke objek biaya dan dapat dikenali secara langsung untuk memproduksi suatu satuan output. Objek biaya dapat berupa bahan, upah atau gaji yang dapat secara khusus digunakan untuk pekerjaan suatu proyek.

B. Biaya Tidak Langsung

Biaya yang tidak dapat dihubungkan secara langsung dengan objek tertentu. Biaya ini mencakup biaya asuransi, biaya listrik, biaya pengawas, dll. Untuk perhitungan biaya langsung dan tidak langsung dengan penambahan 1-3 jam lembur dapat dilihat contoh pada pekerjaan fasilitas deramga dibawah ini.

1. Kondisi Normal

Biaya Langsung = Rp. 11.092.461.656

Biaya Tidak Langsung = Rp. 834.916.469

Biaya Total = Rp. 11.092.461.656 + Rp. 834.916.469

Seminar Nasional Teknik Sipil

e-ISSN: xxxx-xxxx Vol. 1 No. 1, Oktober 2023

= Rp. 11.927.378.124,36

2. Kondisi Lembur 1 Jam

Biaya Langsung = Biaya Langsung Normal + Biaya Crash

= Rp. 11.092.461.656 + Rp. 38.864.008

= Rp. 11.131.325.664

Biaya Tidak Langsung = (Rp. 834.916.469 : 28) x 25

= Rp. 745.461.133

4. KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan dan hasil penelitian yang telah dilakukan pada proyek Pekerjaan Rehabilitasi Jembatan Perkuatan Tebing Jembatan Terusan Bojonegoro - Tuban (Kanor), maka didapatkan hasil pembahasan dengan menggunakan metode PERT (Program Evaluation and Review Technique), adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan analisis metode PERT (Program Evaluation and Review Technique) didapatkan probabilitas proyek Pekerjaan Rehabilitasi Jembatan Perkuatan Tebing Jembatan Terusan Bojonegoro - Tuban (Kanor) dapat diselesaikan tepat waktu dalam 120 hari adalah 50%.
2. Dikarenakan Probabilitas penyelesaian proyek 100% jatuh pada hari ke 137, maka perlu diterapkan metode Crashing (Percepatan durasi proyek) berupa penambahan 1 jam lembur pada jalur kritis dengan hasil percepatan 31 hari, dengan ini proyek dapat selesai dengan durasi 106 hari dengan penambahan biaya Crashing sebesar Rp.35.582.142,86.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Dimiyati, A.H., Nurjaman, K. (2014). *Manajemen Proyek*, Pustaka Setia , Jakarta.
- Dannyanti, E. (2010). *Optimalisasi Pelaksanaan Proyek dengan Metode PERT dan CPM*. Skripsi, Fakultas Ekonomi, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Nurhayati, (2010). *Manajemen Proyek*. Edisi Pertama, PT. Graha Ilmu, Indonesia.
- Hari, P. (2003) . *Pengantar Teknik Industri*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Santosa, B. (1997). *Manajemen Proyek*. Edisi Pertama PT. Guna Widya. Indonesia.
- Soeharto, Iman, (1995). *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*, Erlangga, Jakarta.
- Suanda, Budi. (2014). Strategi Percepatan Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi (Online), (<http://manajemenproyekindonesia.com/?p=472> . Diakses pada 27 Mei 2016).
- Wulfram I. Ervianto, (2003). *Manajemen Proyek Kontruksi*, Andi Publishing, Jakarta.