



Optimasi Biaya dan Waktu dalam Penyusunan Jadwal Pelaksanaan Proyek (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Pusat Kegiatan Mahasiswa Universitas Diponegoro Semarang)

Dadiyono Amat Pawiro

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Semarang
Jl.Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275
E-mail: dadiyonoap@yahoo.co.id

Suharyanto

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl.Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275
E-mail: suharyanto20@yahoo.co.id

Pranoto Samto Atmojo

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl.Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275
E-mail: pranotosa2001@yahoo.com

Abstract

Execution of construction project executed to pass selected project management system from planning phase until operation phase. Unfavorable scheduling system can cause the project to be inefficient. Execution of a construction project often needs to accelerate the duration of the project. Every effort to expedite the implementation of the project in general will result in increased project costs. This provides the necessary conditions so that the business dilemma that the project can be completed with optimum cost and time. The intention and purpose of this research is to accelerate the execution time by using the method of CPM overtime, so we get the optimal time and cost. This research method by forming a linear equation of the trajectory of the crisis and then analyzed by linier program LINDO. The results on the building construction projects the PKM Universitas Diponegoro obtained optimum time of 133 days with a total cost of Rp. 6,252,074,822,-.

Keywords: *Optimization, Project scheduling.*

Abstrak

Pelaksanaan suatu proyek konstruksi dilaksanakan melalui sistim manajemen proyek tertentu mulai dari tahap perencanaan sampai pengendalian. Penjadwalan yang kurang baik dapat menyebabkan proyek menjadi tidak efisien. Dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi sering terjadi kebutuhan untuk mempercepat durasi proyek. Setiap usaha untuk mempercepat pelaksanaan proyek pada umumnya akan mengakibatkan kenaikan biaya langsung proyek. Hal ini memberikan kondisi yang dilematis sehingga diperlukan usaha agar proyek dapat diselesaikan dengan biaya dan waktu yang optimal. Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah mempercepat waktu pelaksanaan proyek dengan cara penambahan jam kerja menggunakan metode CPM, sehingga didapatkan waktu dan biaya yang optimal. Metode penelitian ini dengan membentuk persamaan linier dari lintasan krisis kemudian dianalisis dengan program linier LINDO. Hasil penelitian pada proyek pembangunan gedung PKM Universitas Diponegoro diperoleh waktu yang optimum 133 hari dengan biaya total Rp. 6,252,074,822,-.

Kata-kata Kunci: *Optimasi, Penjadwalan proyek.*

Pendahuluan

Proyek konstruksi memiliki karakteristik unik yang tidak berulang. Kegiatan proyek merupakan suatu kegiatan sementara yang berlangsung pada lokasi tertentu, dengan alokasi sumber daya yang terbatas, dengan waktu yang tertentu/terbatas dan hasilnya bersifat unik (Hariyanto, 2003). Proyek juga memiliki tujuan khusus tertentu dan diselesaikan dengan mengikuti persyaratan yang jelas, waktu pengerjaan proyek dibatasi dengan saat dimulai dan selesainya. Selain itu, proyek juga memiliki batasan anggaran keuangan dan juga batasan sumberdaya, yaitu material, tempat, tenaga kerja, metode pelaksanaan dan peralatan. Sumberdaya direncanakan untuk mencapai sasaran proyek dengan batasan waktu, biaya dan mutu. Proyek yang siap dibangun, diupayakan sudah ditetapkan batasan teknis, waktu dan biaya. Menurut Kerzner (1989), terdapat tiga hal yang penting dalam proyek, yaitu mutu, biaya dan waktu. Waktu dan biaya merupakan dua hal yang penting dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi selain mutu, karena biaya yang akan dikeluarkan pada saat pelaksanaan sangat erat kaitannya dengan waktu pelaksanaan pekerjaan.

Pada setiap pelaksanaan proyek perlu adanya penanganan manajemen penjadwalan proyek yang baik. Suatu proyek dikatakan baik jika penyelesaian proyek tersebut efisien ditinjau dari segi waktu, biaya dan mutu. Dalam pelaksanaan suatu proyek sering kali timbul suatu pilihan dalam menentukan sumberdaya yang tepat. Setiap pilihan yang ditetapkan akan bermuara pada waktu, biaya dan mutu dari suatu proyek yang pada akhirnya akan berpengaruh pada waktu penyelesaian dan biaya keseluruhan proyek. Penjadwalan merupakan bagian dari perencanaan proyek konstruksi, dari penjadwalan akan tampak uraian pekerjaan, durasi setiap kegiatan, waktu mulai dan akhir kegiatan dan hubungan antar masing-masing kegiatan. Dengan diketahuinya kurun waktu pelaksanaan proyek, sering kali timbul pertanyaan apakah waktu penyelesaian proyek tersebut sudah optimal, atau dapatkah waktu penyelesaian proyek dipercepat (Soeharto, 1999). Untuk mengestimasi waktu dan biaya dalam sebuah proyek perlu dilakukan optimasi. Optimasi biasanya dilakukan untuk mengoptimalkan sumberdaya yang ada serta meminimalkan kendala namun tetap memperoleh hasil yang optimal.

Percepatan waktu pelaksanaan proyek pada umumnya akan mengakibatkan kenaikan biaya langsung proyek dibanding waktu pelaksanaan

normal, tetapi dapat juga membesarnya biaya langsung justru lebih kecil dari pada total biaya tidak langsung sehingga akan terjadi tawar menawar antar waktu dan biaya. Hal ini memberikan kondisi yang dilematis sehingga diperlukan usaha agar proyek dapat dilaksanakan dengan biaya dan waktu yang optimal. Tujuan penelitian ini adalah mengoptimasi penjadwalan proyek dengan mempercepat waktu pelaksanaan dengan biaya percepatan yang minimum untuk menentukan waktu dan biaya total yang optimal dengan menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM).

Metode Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian terapan. Proses penelitian dari perumusan masalah, kajian pustaka, pencarian proyek untuk dijadikan media penerapan masalah, olah data dan pembahasan. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil data proyek berupa *Time Schedule* dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari PT. Jayaarnikon yang menangani pembangunan Gedung Pusat Kegiatan Mahasiswa Universitas Diponegoro (PKM Undip) Semarang. Dari data proyek tersebut dapat ditentukan lintasan kritis dan kegiatan kritis serta dihitung biaya langsung percepatan dan *cost slope*. Kemudian disusun model matematisnya dan dianalisis dengan menggunakan program linier LINDO.

Hasil dan Pembahasan

Biaya pelaksanaan pekerjaan Pembangunan Gedung Pusat Kegiatan Mahasiswa Universitas Diponegoro berdasarkan RAB proyek diluar PPN adalah sebesar Rp. 6.255.263.161,-. Biaya pelaksanaan pekerjaan merupakan biaya fisik pekerjaan sesuai dengan harga pekerjaan yang dibuat oleh kontraktor diluar PPN, biaya ini juga merupakan biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan dalam kondisi normal. Biaya pelaksanaan pekerjaan merupakan jumlah dari biaya material, biaya peralatan, upah pekerjaan sebesar Rp. 5.879.963.161,- dan *overhead* sebesar Rp. 375.300.000,- Waktu pelaksanaan normal adalah 135 (seratus tiga puluh lima) hari kalender.

Berdasarkan jaringan kerja (NWP) dengan waktu normal dan *float* dari setiap kegiatan dapat diketahui lintasan kritis dan kegiatan – kegiatan kritis. Perhitungan *float* tiap kegiatan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan total float dan free float

No	Uraian kegiatan	Waktu (hari)	Paling cepat		Paling lambat		Total float	Free float	Ket.	
			Mulai	Selesai	Mulai	Selesai				
		D	ES	EF	LS	LF	TF	FF		
A Pekerjaan pematangan tanah										
1	Pekerjaan persiapan	K1	14	0	14	0	14	0	0	Kritis
2	Pekerjaan pematangan tanah	K2	7	14	21	14	21	0	0	Kritis
B Pekerjaan pendopo										
1	Pekerjaan tanah dan pondasi	K3	7	21	28	21	58	30	0	
2	Pekerjaan beton bertulang	K4	14	28	42	58	72	30	0	
3	Pekerjaan atap	K5	21	42	63	72	93	30	0	
4	Pekerjaan pasangan dan plesteran	K6	14	63	77	93	114	37	0	
5	Pekerjaan plapon	K7	7	77	84	114	121	37	0	
6	Pekerjaan lantai	K8	7	84	91	121	128	37	0	
7	Pekerjaan cat-catan	K9	7	91	135	128	135	37	0	
C Pekerjaan rg. UKM, rg. diskusi, selasar dan tangga										
1	Pekerjaan tanah dan pondasi	K10	14	21	35	21	35	0	0	Kritis
2	Pekerjaan beton bertulang	K11	35	35	70	35	70	0	0	Kritis
3	Pekerjaan atap lantai 1 dan 2	K12	14	70	84	70	84	0	0	Kritis
4	Pek. pasangan dan plesteran lantai 1 dan 2	K13	14	84	98	84	98	0	0	Kritis
5	Pekerjaan plapon lantai 1 dan 2	K14	14	98	112	98	112	0	0	Kritis
6	Pekerjaan keramik lantai 1 dan 2	K15	14	98	112	98	125	13	0	
7	Pekerjaan kusen lantai 1 dan 2	K16	14	112	126	112	126	0	0	Kritis
8	Pekerjaan saniter	K17	9	126	135	126	135	0	0	Kritis
9	Pekerjaan cat-catan dll.	K18	10	112	135	125	135	13	13	
D Pekerjaan musholla										
1	Pekerjaan tanah dan pondasi	K19	7	21	28	21	72	44	0	
2	Pekerjaan beton bertulang	K20	14	28	42	72	86	44	0	
3	Pekerjaan atap	K21	14	42	56	86	100	44	0	
4	Pekerjaan pasangan dan plesteran	K22	7	56	63	100	107	44	0	
5	Pekerjaan plapon	K23	7	63	70	107	114	44	0	
6	Pekerjaan keramik	K24	7	70	77	114	121	44	0	
7	Pekerjaan kusen	K25	7	77	84	121	128	44	0	
8	Pekerjaan saniter	K26	7	84	135	128	135	44	44	
9	Pekerjaan cat-catan dll.	K27	7	84	135	128	135	44	44	
E Pekerjaan kantin										
1	Pekerjaan tanah dan pondasi	K28	7	21	28	21	51	23	0	
2	Pekerjaan beton bertulang	K29	14	28	42	51	65	23	0	
3	Pekerjaan atap	K30	14	42	56	65	79	23	0	
4	Pekerjaan pasangan dan plesteran	K31	14	56	70	79	93	23	0	
5	Pekerjaan plapon	K32	7	70	77	93	100	23	0	
6	Pekerjaan keramik	K33	7	77	84	100	121	37	0	
7	Pekerjaan kusen	K34	7	84	91	121	128	37	0	
8	Pekerjaan saniter	K35	7	91	135	128	135	37	37	
9	Pekerjaan cat-catan dll.	K36	7	91	135	128	135	37	37	
F Pekerjaan halaman										
1	Saluran pas. B belah dan pelat penutup	K37	14	63	77	93	114	37	0	
2	Urugan sirtu halaman	K38	14	77	91	107	121	30	0	
3	Paving blok dan kantin	K39	14	91	135	121	135	30	30	
G Pek. mekanikal & elektrikal										
1 Instalasi penerangan gedung										
	Lantai 01	K40	7	84	91	84	114	23	0	
	Kabel power	K41	14	91	105	114	128	23	0	
	Lantai 02	K42	7	105	135	128	135	23	23	
2 Instalasi air bersih										
	Lantai 01	K43	7	77	84	100	107	23	0	
	Lantai 02	K44	7	84	91	114	121	30	0	
	Ruang pompa	K45	7	91	98	121	128	30	0	
	Ruang shaft	K46	7	98	135	128	135	30	30	
3 Water tower (atap)										
		K47	14	91	135	128	135	30	30	
4 Instalasi air bersih halaman										
		K48	7	84	91	121	128	37	0	
5 Instalasi air bekas, kotor, dan vant lt. 1 dan 2										
		K49	7	77	84	114	121	37	0	
6 Penangkal petir jenis konvensional										
		K50	7	91	135	128	135	37	37	
7 Pemadam api ringan										
	Lantai 01	K51	2	112	114	125	133	19	0	
	Lantai 02	K52	2	114	135	133	135	19	19	
8 Instalasi air condition										
	Lantai 01	K53	3	112	115	125	135	20	0	
	Lantai 02	K54	2	115	135	133	135	18	18	
9 Sumur dalam										
		K55	49	35	135	35	135	51	51	

Dari jaringan kerja NWP dan perhitungan *float* dapat diketahui kegiatan-kegiatan yang termasuk dalam lintasan kritis adalah:

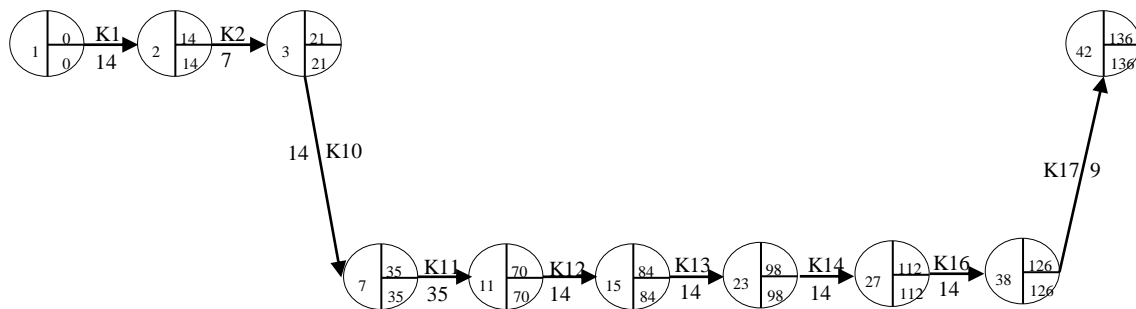
1. Pekerjaan persiapan/K1
2. Pekerjaan pematangan tanah/K2
3. Pekerjaan tanah dan pondasi (rg. UKM, rg. diskusi)/K10
4. Pekerjaan beton bertulang/K11
5. Pekerjaan atap/K12
6. Pekerjaan pasangan dan plesteran/K13
7. Pekerjaan plafon/K14
8. Pekerjaan kusen/K16
9. Pekerjaan saniter/K1

Percepatan waktu pelaksanaan pekerjaan pada penelitian ini dilakukan dengan menambah jam kerja dari waktu kerja yang telah ditetapkan untuk setiap harinya. Percepatan waktu pelaksanaan pekerjaan dilakukan hanya untuk kegiatan yang berada di lintasan kritis, tidak semua kegiatan dipercepat.

Hasil perhitungan waktu normal, biaya normal, waktu *crash*, biaya *crash* dan *cost slope* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Waktu dan biaya kondisi normal dan *crash*

Kegiatan	Normal		Crash		Cost slope (Rp)
	Waktu (hari)	Biaya langsung (Rp)	Waktu (hari)	Biaya langsung (Rp)	
K2	7	17.044.700,31	6	21.914.614,68	4.869.914,37
K3	7	3.157.326,38	6	4.059.419,63	902.093,25
K4	14	9.675.719,67	11	13.822.456,67	1.382.245,67
K5	21	31.721.614,20	16	46.827.144,77	3.021.106,11
K10	14	57.950.582,28	11	82.786.546,11	8.278.654,61
K11	35	228.775.012,53	27	333.357.875,40	13.072.857,86
K12	14	87.061.895,40	11	124.374.136,30	12.437.413,63
K13	14	269.319.838,75	11	384.742.626,80	38.474.262,68
K14	14	60.356.325,00	11	86.223.321,43	8.622.332,14
K15	14	127.800.882,70	11	182.572.689,60	18.257.268,97
K16	21	24.593.145,10	11	35.133.064,43	3.513.306,44
K17	9	5.336.236,40	7	7.707.897,02	1.185.830,31
K18	10	62.866.634,13	8	88.013.287,78	12.573.326,83
K28	7	3.652.303,38	6	4.695.818,63	1.043.515,25
K29	14	5.209.715,67	11	7.442.450,96	744.245,10
K30	14	18.554.467,80	11	26.506.382,57	2.650.638,26
K31	14	6.122.115,00	11	8.745.878,57	874.587,86
K32	7	3.679.525,00	6	4.730.817,86	1.051.292,86
K37	14	23.942.016,00	11	34.202.880,00	3.420.288,00
K38	14	2.682.750,00	11	3.832.500,00	383.250,00
K39	14	18.349.800,00	11	26.214.000,00	2.621.400,00
K40	7	26.765.000,00	6	34.412.142,86	7.647.142,86
K41	14	3.870.000,00	11	5.528.571,43	552.857,14
K42	7	19.855.000,00	6	25.527.857,14	5.672.857,14
K43	7	1.845.000,00	6	2.372.142,86	527.142,86
K44	7	1.382.500,00	6	1.777.500,00	395.000,00
K45	7	10.300.000,00	6	13.242.857,14	2.942.857,14
K46	7	885.000,00	6	1.137.857,14	252.857,14



Gambar 1. NWP lintasan kegiatan K1, K2, K10, K11, K12, K13, K14, K16 dan K17 (lintasan kritis).

Untuk menganalisa percepatan waktu pelaksanaan proyek kita harus mengurai jaringan kerja (NWP) kedalam lintasan-lintasan kegiatan, sehingga dapat diketahui lintasan kritis yaitu lintasan dengan waktu penyelesaian yang terpanjang. Lintasan kegiatan:

K1→K2→K10→K11→K12→K13→K14→K16→K17 merupakan lintasan kritis. Gambar 1 berikut menunjukkan lintasan kritis.

Berdasarkan diagram jaringan kerja (NWP) dan Gambar 1 diatas serta waktu normal dan *cost slope* pada Tabel 2 maka dibuatkan model matematis sebagai berikut:

a. Fungsi tujuan

$$\text{Min } Z = 0 X_1 + 4869914,37 X_2 + 8278654,61 X_{10} + 13072857,86 X_{11} + 12437413,63 X_{12} + 38474262,68 X_{13} + 8622332,14 X_{14} + 3513306,44 X_{16} + 1185830,31 X_{17}$$

b. Fungsi batasan

$$\begin{aligned} \text{MPA}_1 &= 0 \\ X_1 - \text{MPA}_1 + \text{MPA}_2 &= 14 \\ X_2 - \text{MPA}_2 + \text{MPA}_{10} &= 7 \\ X_{10} - \text{MPA}_{10} + \text{MPA}_{11} &= 14 \end{aligned}$$

$$X_{11} - \text{MPA}_{11} + \text{MPA}_{12} = 35$$

$$X_{12} - \text{MPA}_{12} + \text{MPA}_{13} = 14$$

$$X_{13} - \text{MPA}_{13} + \text{MPA}_{14} = 14$$

$$X_{14} - \text{MPA}_{14} + \text{MPA}_{16} = 14$$

$$X_{16} - \text{MPA}_{16} + \text{MPA}_{17} = 14$$

$$X_{17} - \text{MPA}_{17} + \text{SAP}_{17} = 9$$

$$\text{SPA}_{17} = T$$

$$X_1 \leq 0$$

$$X_2 \leq 1$$

$$X_{10} \leq 3$$

$$X_{11} \leq 8$$

$$X_{12} \leq 3$$

$$X_{13} \leq 3$$

$$X_{14} \leq 3$$

$$X_{16} \leq 3$$

$$X_{17} \leq 2$$

Dengan T = waktu penyelesaian proyek yang diinginkan

Hasil perhitungan model matematik dengan beberapa waktu penyelesaian proyek perlu disederhanakan dalam bentuk tabel. Hasil yang berupa biaya langsung total percepatan dan percepatan waktu kegiatan ditampilkan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Waktu dan kegiatan yang dipercepat

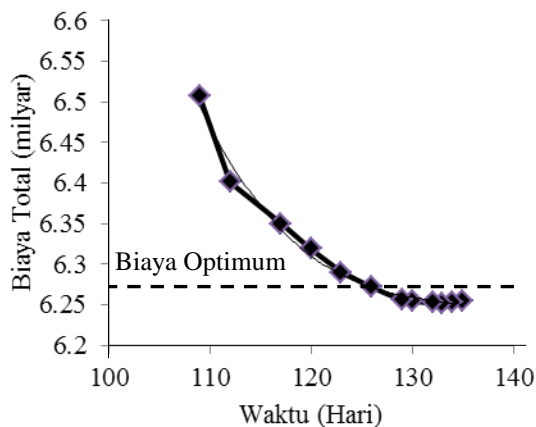
Waktu penyelesaian proyek (hari)	Biaya langsung percepatan (Rp)	Kegiatan-kegiatan yang dipercepat	
		Nilai Xi	Keterangan
135	0	Xi = 0	Keg. Normal
130	12.911.580,00	X16 = 3 X17 = 2	Kegiatan K16 dipercepat 3 hari Kegiatan K17 dipercepat 2 hari
126	42.617.460,00	X2 = 1 X10 = 3 X16 = 3 X17 = 2	Kegiatan K2 dipercepat 1 hari Kegiatan K10 dipercepat 3 hari Kegiatan K16 dipercepat 3 hari Kegiatan K17 dipercepat 2 hari
123	68.484.454,00	X2 = 1 X10 = 3 X14 = 3 X16 = 3 X17 = 2	Kegiatan K2 dipercepat 1 hari Kegiatan K10 dipercepat 3 hari Kegiatan K14 dipercepat 3 hari Kegiatan K16 dipercepat 3 hari Kegiatan K17 dipercepat 2 hari
117	145.015.300,00	X2 = 1 X10 = 3 X11 = 3 X12 = 3 X14 = 3 X16 = 3 X17 = 2	Kegiatan K2 dipercepat 1 hari Kegiatan K10 dipercepat 3 hari Kegiatan K11 dipercepat 3 hari Kegiatan K12 dipercepat 3 hari Kegiatan K14 dipercepat 3 hari Kegiatan K16 dipercepat 3 hari Kegiatan K17 dipercepat 2 hari
112	210.379.600,00	X2 = 1 X10 = 3 X11 = 8 X12 = 3 X14 = 3 X16 = 3 X17 = 2	Kegiatan K2 dipercepat 1 hari Kegiatan K10 dipercepat 3 hari Kegiatan K11 dipercepat 8 hari Kegiatan K12 dipercepat 3 hari Kegiatan K14 dipercepat 3 hari Kegiatan K16 dipercepat 3 hari Kegiatan K17 dipercepat 2 hari
109	325.802.400,00	X2 = 1 X10 = 3 X11 = 8 X12 = 3 X13 = 3 X14 = 3 X16 = 3 X17 = 2	Kegiatan K2 dipercepat 1 hari Kegiatan K10 dipercepat 3 hari Kegiatan K11 dipercepat 8 hari Kegiatan K12 dipercepat 3 hari Kegiatan K13 dipercepat 3 hari Kegiatan K14 dipercepat 3 hari Kegiatan K16 dipercepat 3 hari Kegiatan K17 dipercepat 2 hari

Tabel 4. Waktu percepatan dan biaya total proyek

Waktu (hari)	Biaya langsung normal (Rp)	Biaya langsung crash (Rp)	Overhead (Rp)	Biaya total (Rp)	Keterangan
135	5.879.963.161,-	0,-	375.300.000,-	6.255.263.161,-	Normal
134	5.879.963.161,-	1.185.830,-	372.520.000,-	6.253.668.991,-	Optimum
133	5.879.963.161,-	2.371.661,-	369.740.000,-	6.252.074.822,-	
132	5.879.963.161,-	5.884.967,-	366.960.000,-	6.253.541.435,-	
130	5.879.963.161,-	12.911.580,-	361.400.000,-	6.254.274.741,-	
129	5.879.963.161,-	17.781.495,-	358.620.000,-	6.256.364.656,-	
126	5.879.963.161,-	42.617.460,-	350.280.000,-	6.272.860.621,-	
123	5.879.963.161,-	68.484.454,-	341.940.000,-	6.290.387.615,-	
120	5.879.963.161,-	105.796.695,-	333.600.000,-	6.319.359.856,-	
117	5.879.963.161,-	145.015.300,-	325.260.000,-	6.350.238.401,-	
112	5.879.963.161,-	210.379.600,-	311.360.000,-	6.401.702.761,-	
109	5.879.963.161,-	325.802.400,-	303.020.000,-	6.508.785.561,-	

Untuk menentukan waktu serta biaya yang optimum selain biaya percepatan perlu juga diperhitungkan adanya biaya tidak langsung atau *overhead* dan biaya langsung normal. Biaya tidak langsung (*overhead*) perhari sebesar Rp. 2.780.000,-. Besarnya biaya percepatan dan biaya *overhead* serta biaya total untuk masing-masing waktu penyelesaian proyek ditampilkan pada Tabel 4.

Hubungan antara biaya total dan waktu pelaksanaan ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Hubungan biaya total dan waktu pelaksanaan proyek.

Dari hasil optimasi biaya percepatan seperti yang ditampilkan pada Tabel 4 dan Gambar 2 terlihat jika waktu penyelesaian proyek dipercepat hingga kurang dari 130 hari, biaya percepatan akan meningkat/naik lebih besar. Sehingga apabila proyek dipercepat dengan waktu kurang dari 130

hari biaya percepatan akan jauh lebih besar dari pada pengurangan biaya tidak langsung (*overhead*).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil optimasi biaya percepatan, biaya normal dan biaya *overhead* maka diperoleh waktu dan biaya yang optimal, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4 dan Gambar 2. Waktu penyelesaian proyek yang optimal adalah 133 hari dengan biaya total Rp. 6.252.074.822,-. waktu pelaksanaan proyek 2 hari lebih cepat dari waktu normal 135 hari atau 1,48% dan efisiensi biaya yang diperoleh sebesar Rp. 3.188.339,- dari biaya normal Rp. 6.255.263.161.25 atau 0,051%. Sedangkan kegiatan yang mengalami percepatan yaitu pekerjaan saniter.

Daftar Pustaka

Hariyanto, Bambang, 2003. *Perencanaan Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi dengan Trade-Off*, Tesis Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Kerzner, H., 1989. *Project Management, A System Approach to Planning, Scheduling and Controlling*, Van Nostrand Reinhold.

Siswanto, 2007. *Operations Research, Jilid 2*. Erlangga, Jakarta.

Soeharto, Iman, 1999. *Manajemen Proyek (dari Konseptual sampai Operasional), Jilid 1*, Edisi 2, Erlangga, Jakarta.