

Analisis Percepatan Durasi Proyek Dengan Menggunakan Metode *Crashing* (Studi Kasus Pembangunan Gedung Kantor Makopolda Lampung)

I Dewa Made Agung Pramana¹⁾

Amril Ma'ruf Siregar²⁾

Dwi Herianto³⁾

Abstract

There are possible problems arise during construction of project that can cause delays. Delays can cause losses in the form of fines, overhead costs, additional salaries and rental tools and other. To overcome the problems, there are some ways to achieve project completion in due time. The purpose of this study was to analyze the acceleration of the project duration by utilizing crashing method and its impact on project cost. The object of the case study was the construction of Lampung Regional Police Headquarter. The scenario utilized was increased the number of workers by 35% and the added working hours by four hours

The results show by increasing the number of workers across eleven project activities, the project duration was crashed to 252 days or two days earlier than the scheduled time and the project cost was decrease to Rp. 23,964,647,646.00 or 0.908% lower than the scheduled cost. The results also show by adding four more working hours across ten project activities, the project duration was crashed to 253 days or one day earlier than the scheduled time and the project cost was decreased to Rp. 23,995,417,215.00 or 0.781% lower than the scheduled budget.

Keywords: Project Acceleration, Crashing method, increase of the number of workers, the addition of working hours

Abstrak

Dalam pelaksanaan pembangunan sebuah proyek seringkali terdapat permasalahan yang dapat menyebabkan keterlambatan dan menimbulkan kerugian. Maka dibutuhkan alternatif pengendalian agar proyek selesai tepat waktu. Penelitian ini, menganalisis percepatan durasi proyek menggunakan metode *crashing* pada studi kasus pembangunan gedung kantor Makopolda Lampung untuk mengetahui perubahan biaya dan waktu yang optimal dengan biaya ekonomis dengan alternatif penambahan jumlah tenaga kerja 35% dan penambahan jam kerja 4 jam.

Hasil analisis diketahui total biaya proyek setelah *crashing* dengan alternatif penambahan jumlah tenaga kerja sebesar Rp. 23.964.647.646,00 atau 0,908% lebih rendah dari biaya tidak dipercepat dengan durasi proyek yang didapat 252 hari atau lebih cepat dua hari dari durasi normal pelaksanaan. Sedangkan total anggaran proyek setelah *crashing* dengan alternatif penambahan jam kerja empat jam sebesar Rp. 23.995.417.215,00 atau 0,781% lebih rendah dari total anggaran tidak dipercepat dengan durasi proyek dengan durasi proyek yang didapat 253 hari atau lebih cepat satu hari dari durasi normal.

Kata kunci: Percepatan Proyek, Metode *Crashing*, Penambahan jumlah tenaga kerja, penambahan jam kerja.

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

²⁾ Dosen pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Dosen pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

1. PENDAHULUAN

Biaya, mutu dan waktu merupakan kriteria keberhasilan suatu proyek konstruksi, namun seringkali terdapat permasalahan di lapangan yang menyebabkan keterlambatan. Dibutuhkan pengendalian proyek agar menghindari keterlambatan pekerjaan. Salah satu pengendalian proyek adalah percepatan durasi proyek dengan metode *crashing* yaitu suatu metode untuk mempersingkat lamanya waktu proyek dengan mengurangi waktu dari satu atau lebih aktivitas yang penting menjadi kurang dari waktu normal aktivitas (Rachman, 2012).

Penelitian ini menggunakan metode *crashing* dengan studi kasus proyek pembangunan gedung kantor Makopolda Lampung yang ditargetkan selesai pada bulan Desember 2018 dengan durasi 254 hari kerja. Dengan adanya analisis ini diharapkan penyelesaian proyek dapat tepat waktu bahkan dipercepat dari jadwal perencanaan.

Rumusan masalah pada penelitian ini ialah berapa besar perubahan waktu pada pelaksanaan proyek pembangunan gedung kantor Makopolda Lampung menggunakan metode *crashing*, dengan alternatif penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja dan berapa biaya yang lebih ekonomis antara kedua alternatif dengan tujuan menganalisis dan menghitung perubahan waktu dan biaya setelah *crashing* serta mendapat waktu optimal dengan biaya terendah dari kedua alternatif.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Proyek

Proyek merupakan usaha sementara yang dilakukan untuk membuat suatu produk, jasa, atau hasil yang unik (Project Management Institute, 2017). Proyek dilakukan dengan waktu dan sumber daya terbatas seperti anggaran, jadwal, dan mutu.

2.2. Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian, dan keterampilan, cara teknis yang terbaik dengan sumber daya yang terbatas untuk mencapai tujuan atau sasaran yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil optimal dalam hal kinerja biaya, mutu, dan waktu, serta keselamatan kerja (Husen, 2009). Proses manajemen meliputi perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan pengendalian.

2.3. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Daftar volume pekerjaan yang telah dilengkapi dengan satuan item pekerjaan dan membentuk nilai perkiraan disebut juga rencana anggaran biaya (Hansen, 2015). RAB berisi detail rencana pengeluaran biaya dalam pelaksanaan proyek.

2.4. Penjadwalan Proyek

Rencana manajemen jadwal adalah komponen dari rencana manajemen proyek yang menetapkan kriteria dan aktivitas untuk mengembangkan, memantau, dan mengendalikan jadwal (Project Management Institute, 2017).

2.5. Jaringan Kerja (*Network Planning*)

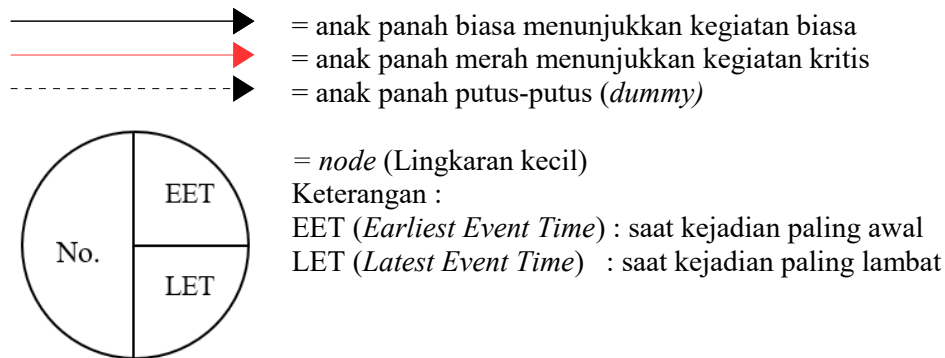
Jaringan Kerja (*Network planning*) merupakan cara grafis untuk menggambarkan kegiatan-kegiatan dan kejadian yang diperlukan untuk mencapai tujuan proyek. Jaringan menunjukkan susunan logis antar-kegiatan, hubungan timbal balik antara pembiayaan dan

waktu penyelesaian proyek, dan berguna dalam merencanakan urutan kegiatan yang saling tergantung dengan waktu penyelesaian proyek (Widiasanti, 2013). *Network Planning* membantu pengguna dalam mengerti alur kerja suatu proyek sehingga berguna pada perencanaan dan pengendalian proyek.

2.6. Critical Path Method (CPM)

Critical path method merupakan metode analisis jaringan pekerjaan dalam suatu proyek untuk mencari jalur kritis dari rangkaian item pekerjaan. Jalur kritis diperoleh dengan perhitungan maju dan perhitungan mundur.

Ketentuan dalam membuat *critical path method* :



2.7. Kurva S

Kurva S merupakan grafik pengamatan yang berisi sejumlah besar pekerjaan proyek sejak awal hingga akhir. Kurva S dapat menunjukan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu, dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek (Husein, 2009). kemajuan proyek dapat diketahui dengan membandingkan antara grafik pelaksanaan dan grafik rencana.

2.8. Percepatan Proyek

Percepatan proyek merupakan upaya menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu normal pelaksanaan (Santoso, 2017). Percepatan dapat dilakukan dengan cara penambahan tenaga kerja, penjadwalan jam kerja (lembur), penggunaan *shift* kerja, penggunaan peralatan yang lebih produktif, penggunaan material yang lebih cepat dipasang, dan pengubahan metode konstruksi di lapangan.

2.9. Metode Crashing

Metode *crashing* adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk percepatan pekerjaan. *Crashing* diartikan sebagai akselerasi proyek yaitu suatu metode untuk mempersingkat lamanya waktu proyek dengan mengurangi waktu dari satu atau lebih aktivitas penting (dari jaringan kerja) menjadi kurang dari waktu normal aktivitas (Rachman, 2012).

2.9.1. Komponen waktu

Pada *crashing* terdapat dua komponen waktu, yaitu:

- Waktu normal (*normal time*), yaitu waktu penyelesaian aktivitas kondisi normal
- Waktu akselerasi (*crash time*), yaitu waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan aktivitas.

Dari kedua komponen tersebut dapat diperoleh persamaan :

$$\text{Total Waktu Akselerasi} = \text{Waktu normal} - \text{Waktu akselerasi} \quad (1)$$

2.9.2. Komponen biaya

Pada *crashing* terdapat tiga komponen biaya, yaitu:

- Biaya normal (*normal cost*), yaitu biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi normal.
- Biaya akselerasi (*crash cost*), yaitu biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi akselerasi.

Dari dua komponen tersebut di peroleh:

$$\text{Total biaya akselerasi} = \text{Biaya akselerasi} - \text{biaya normal} \quad (2)$$

- Biaya akselerasi per unit (*slope*), yaitu biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi akselerasi dalam satuan terkecil yang di tentukan.

$$\text{Biaya Akselerasi Per Unit (Slope)} = \frac{\text{Total Biaya Akselerasi}}{\text{Total Waktu Akselerasi}} \quad (3)$$

2.9.3. Langkah metode *crashing*

- Membuat diagram *network* untuk setiap kejadian.
- Menghitung total waktu akselerasi, total biaya akselerasi, dan biaya akselerasi per unit waktu untuk setiap kejadian.
- Menentukan jalur kritis dan lamanya waktu proyek.
- Memilih aktivitas pada jalur kritis yang memiliki biaya akselerasi minimal, dan mengurangi waktu aktivitas tersebut semaksimal mungkin.
- Memperbaharui semua waktu kegiatan, jika batas waktu yang diinginkan telah tercapai, maka berhenti. Jika tidak ulangi langkah ke tiga.

2.9.4. Alternatif penambahan tenaga kerja

Produktivitas penambahan tenaga kerja dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Produktivitas crashing} = \frac{\text{Produktivitas hari normal} \times \text{jumlah pekerja percepatan}}{\text{Jumlah pekerja normal}} \quad (4)$$

Penelitian ini menggunakan asumsi penambahan tenaga kerja sebesar 35% dari jumlah tenaga kerja normal dengan pertimbangan luas lokasi proyek yang dikerjakan.

2.9.5. Alternatif penambahan jam kerja (lembur)

Penambahan jam kerja merupakan penambahan jam kerja setelah waktu kerja normal, dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Produktivitas harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}} \quad (5)$$

$$\text{Produktivitas/ jam} = \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{jam kerja normal}} \quad (6)$$

$$\text{Produktivitas harian sesudah } crash = \text{Produktivitas} + (\text{Total waktu lebur} \times \text{produktivitas per jam} \times \%) \quad (7)$$

$$\text{Crash duration} = \frac{\text{volume}}{\text{Produktivitas sesudah crash}} \quad (8)$$

$$\text{Biaya Upah Lembur total} = \text{Jumlah pekerja} \times (4 \text{ jam} \times \text{crashing}) \times \text{biaya lembur/hr} \quad (9)$$

$$\text{Crash cost} = \text{Biaya Langsung normal} + \text{Biaya Upah Lembur total} \quad (10)$$

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *crashing* dengan alternatif penambahan jam kerja 4 jam dan alternatif penambahan tenaga kerja 35%. Percepatan ditekankan pada pekerjaan yang berada pada jalur kritis.

Data yang diperlukan diperoleh menggunakan teknik pengumpulan data sekunder atau pengumpulan bahan dokumen, diantaranya yaitu jadwal pelaksanaan, kurva S, RAB, analisis harga satuan proyek dan pekerja, gambar kerja dan data-data lainnya.

Setelah data yang diperlukan terkumpul, dilanjutkan pada tahap pencarian jalur kritis dari *network planning* dengan menggunakan *critical path method* (CPM). Jalur kritis inilah yang akan di *crashing* dengan penambahan jam kerja dan penambahan jumlah tenaga kerja. *Crashing* dilakukan dengan cara mencari *cost slope* pada setiap pekerjaan yang berada pada jalur kritis, *cost slope* yang terendah yang akan dipercepat terlebih dahulu sehingga pekerjaan tersebut mendapatkan durasi yang baru. Durasi pekerjaan baru tersebut kembali dimasukkan ke *network planning* dan dilakukan pengulangan *crashing* pada pekerjaan yang lain hingga mendapatkan durasi yang diinginkan atau hingga keadaan menjadi jenuh.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penyusunan *network planning* proyek Pembangunan Gedung Kantor Makopolda Lampung diperoleh jalur kritis pada pekerjaan Struktur Lantai 1 (A1), Struktur Lantai 2 (A2), Struktur Lantai 3 (A3), Struktur Lantai 4 (A4), Struktur Lantai Atap (A5), Pekerjaan Pasangan Lantai 4 (E1), Pekerjaan Pondasi dan Partisi Lantai 4 (E3), Pengecatan dan *Finishing* (G), dan Pekerjaan Lainnya (I).

4.1. Analisis *crashing* dengan penambahan tenaga kerja

Berikut contoh perhitungan untuk kegiatan Struktur Lantai 4 (A4)

4.1.1. Penambahan tenaga kerja

Tabel 1. Contoh Penambahan Jumlah Tenaga kerja

Tenaga Kerja	Normal (Orang)	Penambahan 35% (Orang)
Pekerja	20	7
Tukang	10	4
Kepala Tukang	1	0
Mandor	1	0
Total	32	11

4.1.2. Produktivitas Normal

$$\text{Produktivitas Normal (Pn)} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi}} = \frac{274,52}{23} = 11,94 \text{ m}^3/\text{hari}$$

4.1.3. Produktivitas Crashing

$$\text{Produktivitas Crasing (Pc)} = \text{Pn} \times \frac{\text{Total pekerja normal} + 35\%}{\text{Total Pekerja Normal}}$$

$$\text{Produktivitas Crasing (Pc)} = 11,94 \times \frac{32+11}{32} = 16,04 \text{ m}^3/\text{hari}$$

4.1.4. Crash Duration

$$\text{Crash Duration (Cd)} = \frac{\text{Volume}}{\text{Pc}} = \frac{274,52}{16,04} \approx 17 \text{ hari}$$

4.1.5. Crash Cost

Total Penambahan Upah

Pekerja	=	7	×	Rp. 80.000	=	Rp. 560.000	
Tukang	=	4	×	Rp. 100.000	=	Rp. 400.000	+
Total						Rp. 960.000	

$$\begin{aligned} \text{Crash cost} &= \text{normal cost} + (\text{total penambahan upah} \times \text{Cd}) \\ &= \text{Rp. 2.111.887.807} + (\text{Rp. 960.000} \times 17) \\ &= \text{Rp. 2.128.207.807} \end{aligned}$$

4.1.6. Cost Slope

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{Crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}}$$

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{Rp. 2.128.207.807} - \text{Rp. 2.111.887.807}}{23 - 17} = \text{Rp. 2.720.000}$$

Hasil perhitungan *cost slope* selanjutnya disajikan pada tabel berikut :

Tabel 2. Hasil Perhitungan *crashing* pada alternatif penambahan tenaga kerja

Kode	Normal		Crash		Cost Slope (Rp)
	Durasi (hari)	Cost (Rp)	Durasi (hari)	Cost (Rp)	
I	4	34.750.000	3	35.290.000	540.000
A1	4	72.557.528	3	73.337.528	780.000
A2	4	93.894.212	3	94.674.121	780.000
G	14	462.460.532	12	464.620.532	1.080.000
E3	18	202.615.666	14	208.495.666	1.470.000
D3	23	202.615.666	18	210.175.666	1.512.000
A4	23	2.111.887.807	17	2.128.207.807	2.720.000
A3	12	639.748.958	9	648.388.958	2.880.000
A5	16	1.484.791.063	12	1.496.311.063	2.880.000
D4	21	226.204.443	16	210.175.666	1.088.000
D1	24	679.380.524	18	699.900.524	3.420.000
E1	16	261.768.841	12	275.448.841	3.420.000

Setelah melakukan proses *crashing* pada sebelas item pekerjaan didapatkan durasi proyek 252 hari kerja, dimana durasi tersebut telah memenuhi syarat agar penyelesaian proyek dapat selesai tepat waktu.

4.2. Analisis *crashing* dengan penambahan jam kerja

Berikut contoh perhitungan untuk kegiatan A4 (Pek. Struktur lantai 4)

4.2.1. Produktivitas normal

$$\text{Produktivitas Normal (Pn)} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi}} = \frac{274,52}{23} = 11,94 \text{ m}^3/\text{hari}$$

4.2.2. Produktivitas per jam

$$\text{Produktivitas perjam} = \frac{Pn}{8} = \frac{11,94}{8} = 1,5 \text{ m}^3/\text{jam}$$

4.2.3. Produktivitas setelah *crashing*

$$\begin{aligned} \text{Prod. Crashing (Pc)} &= Pn + (4 \times \text{Produktivitas per jam} \times 75\%) \\ &= 11,94 + (4 \times 1,5 \times 75\%) \\ &= 16,41 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

4.2.4. Durasi setelah *crashing*

$$\text{Crash duration} = \frac{\text{volume}}{Pc} = \frac{275,52}{16,41} = 17 \text{ hari}$$

4.2.5. Cost crash

$$\text{Upah} = \text{Jumlah Pek.} \times ((\text{Upah perjam} \times 1,5) + (3 \times 2 \times \text{upah perjam}))$$

Tabel 3. Perhitungan Upah Pekerja Lembur

Jenis Pekerja	Jumlah Upah (Rp)
Pekerja	1.500.000
Tukang	937.500
Kep. Tukang	117.187
Mandor	117.187
Total	2.671.875

$$\begin{aligned} \text{Crash cost} &= \text{Normal cost} + (\text{Tot. Pen. Upah} \times \text{Crash duration}) \\ &= \text{Rp. 2.111.887.807} + (\text{Rp. 2.671.875} \times 17) \\ &= \text{Rp. 2.157.309.682} \end{aligned}$$

4.2.6. Cost slope

$$\begin{aligned} \text{Cost slope} &= \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}} \\ \text{Cost slope} &= \frac{\text{Rp. 2.157.309.682} - \text{Rp. 2.111.887.807}}{23 - 17} = \text{Rp. 7.570.313} \end{aligned}$$

hasil perhitungan *cost slope* selanjutnya disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4. Hasil Perhitungan *crashing* pada alternatif penambahan tenaga kerja

Kode	Normal		Crash		Cost slope (Rp)
	Durasi (hari)	Crash (Rp)	Durasi (hari)	Cost (Rp)	
I	4	34.750.000	3	36.690.625	1.940.625
G	14	462.460.532	10	471.554.282	2.273.438
A1	4	72.557.528	3	75.454.403	2.896.857
A2	4	93.894.212	3	96.790.996	2.896.875
E3	18	202.615.666	13	220.287.541	3.534.375
D3	23	202.615.666	17	225.727.041	3.851.563
D4	21	226.204.443	15	224.345.068	3.023.438
A4	23	2.111.887.807	17	2.157.309.682	7.570.313
A3	12	639.748.958	9	663.795.833	8.015.625
A5	16	1.484.791.063	12	1.516.853.563	8.015.625

Setelah melakukan proses *crashing* pada sepuluh item pekerjaan didapatkan durasi proyek 253 hari kerja, dimana durasi tersebut telah memenuhi syarat agar penyelesaian proyek dapat selesai tepat waktu.

4.3. Analisis Waktu dan Biaya Percepatan Proyek

Setelah proses *crashing* mencapai kondisi yang sesuai maka selanjutnya menghitung biaya total dari biaya langsung dan tidak langsung.

Kondisi Tidak Dipercepat

Durasi normal = 254 Hari

Biaya langsung = Rp. 21.593.231.202

Biaya tidak langsung = 2% biaya total proyek + PPN 10% dari biaya total proyek
 = Rp. 431.864.624 + Rp. 2.159.323.120
 = Rp. 2.691.187.744

Biaya tidak langsung/hr = $\frac{2.591.187.744}{254} = 10.201.527/\text{hari}$

Total cost = biaya langsung + biaya tidak langsung
 = Rp. 2.591.187.744 + Rp. 21.593.231.202
 = Rp. 24.184.418.946

Kondisi Setelah Dipercepat

Durasi baru = 277 hari

Cost slope = Rp. 540.000

Biaya langsung = Biaya Langsung Normal + *cost slope*
 = Rp. 21.593.231.202 + Rp. 540.000
 = Rp. 21.593.771.202

Biaya tidak langsung = (biaya tidak langsung normal : durasi normal) × durasi baru
 = (Rp. 2.591.187.744 : 278) × 277
 = Rp. 2.581.866.925

Total cost = Biaya langsung + biaya tidak langsung
 = Rp. 21.593.771.202 + Rp. 2.581.866.925
 = Rp. 24.175.638.127

Hasil perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4. Perhitungan Waktu dan Biaya Berdasarkan Proses *Crashing* Pada Alternatif Penambahan Tenaga Kerja

<i>Crashing</i>	Durasi (hari)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak langsung (Rp)	Total Cost (Rp)
I	277	21.593.771.202	2.581.866.925	24.175.638.127
II	276	21.594.551.202	2.572.546.106	24.167.097.307
III	275	21.595.331.202	2.563.225.287	24.158.556.488
IV	273	21.596.411.202	2.544.583.648	24.140.994.850
V	270	21.597.881.202	2.516.621.190	24.114.502.392
VI	269	21.599.393.202	2.507.300.371	24.106.693.573
VII	263	21.602.113.202	2.451.375.456	24.053.488.657
VIII	260	21.604.993.202	2.423.412.998	24.028.406.200
IX	259	21.607.873.202	2.414.092.179	24.021.965.381
X	256	21.608.961.202	2.386.129.721	23.995.090.923
XI	252	21.615.801.202	2.348.846.444	23.964.647.646

Tabel 5. Perhitungan Waktu dan Biaya Berdasarkan Proses *Crashing* Pada Alternatif Penambahan Jam Kerja

<i>Crashing</i>	Durasi (hari)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak langsung (Rp)	Total Cost (Rp)
I	277	21.595.171.827	2.581.866.925	24.177.038.752
II	273	21.597.445.264	2.544.583.648	24.142.028.912
III	272	21.600.342.139	2.535.262.829	24.135.604.968
IV	271	21.603.239.014	2.525.942.010	24.129.181.024
V	268	21.606.773.389	2.497.979.552	24.104.752.941
VI	266	21.610.624.952	2.479.337.914	24.089.962.865
VII	266	21.613.648.389	2.479.337.914	24.092.986.303
VIII	260	21.621.218.702	2.423.412.998	24.044.631.700
IX	257	21.629.234.327	2.395.450.540	24.024.684.867
X	253	21.637.249.952	2.358.167.264	23.995.417.215

Selanjutnya hasil perhitungan biaya ditampilkan ke dalam grafik hubungan biaya dan durasi sebagai berikut :

Gambar 1. Grafik Biaya-Durasi

5. KESIMPULAN

Crashing dengan alternatif penambahan tenaga kerja dilakukan pada sebelas kegiatan

dengan penambahan jumlah pekerja sebesar 35% dan mencapai durasi 252 hari dari durasi rencana proyek 254 atau 2 hari lebih cepat. Dari *crashing* yang dilakukan mengakibatkan *total cost* berubah menjadi Rp.23.964.647.646,00 sehingga mengalami penurunan sebesar 0,908% dari biaya normal. Untuk *crashing* dengan alternatif penambahan jam kerja dilakukan pada sepuluh kegiatan dan mencapai durasi 253 hari dari durasi normal 254 hari. Hasil *crashing* yang dilakukan diperoleh *total cost* Rp.23.995.417.215 dengan penurunan sebesar 0,781% dari biaya normal.

DAFTAR PUSTAKA

- Hansen , Seng. *Manajemen Kontrak Konstruksi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2015.
- Husen, Arbar. *Managemen Proyek*. Yogyakarta: Andi Offset, 2009.
- Project Management Institute. *Kerangka Ilmu Manajemen proyek PMBOK Guide*. Jakarta: PMI Indonesia Chapter, 2017.
- Rachman, Taufiqur. *Manajemen Proyek (Crashing Project)*. Jakarta: Universitas Esa Unggul, 2012.
- Widiasanti, Irika dan Lenggogeni. *Manajemen Konstruksi*. Bandung: Remaja Rosdakarya offset, 2013.
- Santoso, Wahyu. *Analisa Percepatan Proyek Menggunakan Metode Crashing dengan Penambahan jam kerja empat Jam dan Sistem Shift Kerja*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia, 2017.