

**Aplikasi Critical Path Method (CPM) dengan Crashing Program untuk
Mengoptimalkan Waktu dan Biaya Proyek
(Studi Kasus: Proyek Pembangunan SMP Negeri 24 Jalan Pangeran Suryanata Samarinda)**

*Application Critical Path Method (CPM) with Crashing Program
to Optimize Project Time and Cost
(Case Study: Project Construction of SMP Negeri 24 Jalan Pangeran Suryanata Samarinda)*

Try Hardini Rahayu Mukti¹, Ika Purnamasari², dan Wasono³

^{1,2}Laboratorium Statistika Ekonomi dan Bisnis FMIPA Universitas Mulawarman

³Laboratorium Matematika Komputasi FMIPA Universitas Mulawarman

¹E-mail: hardinity@gmail.com

Abstract

The management of small and large-scale projects requires good planning, scheduling and coordination. Critical Path Method (CPM) is one of the method that has been developed to overcome the problem of managing a project. Time and cost greatly affect the success and failure of a project. A desired project is completed within a predetermined time, it can accelerate the duration of the activity with the consequence of an increase in cost. Acceleration of project duration at the lowest possible cost is called crashing program. The purpose of this study is to determine the optimal time and cost in completing the project. The data used is the type of work and time of completion of project work and wage costs of workers wages in the project development of SMP Negeri 24 Jalan Pangeran Suryanata Samarinda. Based on the analysis using the time efficient CPM method for completion of the project is 185 days. Acceleration of project completion time by using crashing program, project can be done for 157 days with increase of worker wage equal to Rp 473,802,785.32.

Key words: Crashing Program, Critical Path Method (CPM), Direct Cost, Scheduling

Pendahuluan

Statistika menurut Riduwan (1997), merupakan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan cara mengumpulkan data, mengolah dan menyajikan data serta menarik kesimpulan berdasarkan kumpulan data dan penganalisisan yang dilakukan. Riset operasi merupakan cabang ilmu yang berkembang sejak masa Perang Dunia II dan digunakan pertama kali pada tahun 1940. Menurut Aminudin (2005), secara umum riset operasi berkaitan dengan proses pengambilan keputusan yang optimal dalam penyusunan model, baik deterministik maupun probabilistik yang berasal dari kehidupan nyata.

Perencanaan dan pengawasan proyek pada dasarnya mengacu pada istilah teori jaringan kerja. Menurut Badri (1997), teori jaringan kerja pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan yang digambarkan atau divisualisasikan dalam diagram jaringan kerja. *Critical Path Method* (CPM) merupakan salah satu metode yang telah dikembangkan berdasarkan jaringan kerja untuk mengatasi permasalahan pengelolaan suatu proyek. Menurut Muhandi (2011), metode CPM adalah metode yang sederhana dalam menentukan rencana jadwal proyek, yang mengasumsikan waktu pengerjaan setiap kegiatan dari awal hingga akhir adalah diketahui dengan pasti (*certainty*).

Metode CPM banyak dipakai pada pelaksanaan proyek pembangunan infrastruktur. Salah satu prioritas utama dalam agenda pembangunan nasional adalah pembangunan sarana pendidikan. Ketidakmerataan pembangunan sarana pendidikan merupakan kendala utama yang dihadapi pemerintah. Pemerintah daerah dalam hal ini berperan penting dalam pelaksanaan pembangunan sarana pendidikan.

Pada pelaksanaan proyek pembangunan infrastruktur juga mempunyai kendala tersendiri, yaitu sering terjadi ketidaksesuaian antara jadwal rencana dengan realisasi dilapangan sehingga menyebabkan keterlambatan. Banyak faktor yang menyebabkan keterlambatan, salah satunya karena faktor alam. Untuk itu, salah satu cara untuk mengantisipasi keterlambatan dengan metode *crashing program*. Menurut Badri (1997), dalam suatu proyek yang dikehendaki selesai dalam waktu yang telah ditentukan, dapat dilakukan percepatan durasi kegiatan dengan konsekuensi akan terjadi peningkatan biaya.

Penelitian ini dibatasi pada penjadwalan proyek pembangunan SMP Negeri 24 Jalan Pangeran Suryanata Samarinda menggunakan metode penjadwalan CPM, optimalisasi proyek menggunakan metode *crashing program* dengan

alternatif penambahan jam kerja (lembur) serta penambahan upah pekerja tanpa memperhitungkan biaya material dan biaya tidak langsung proyek.

Sehingga rumusan masalahnya adalah bagaimana bentuk jaringan kerja dan lintasan kritis serta berapa durasi waktu dan biaya yang optimal proyek pembangunan SMP Negeri 24 Jalan Pangeran Suryanata Samarinda setelah dilakukan *crashing program*. Adapun tujuan penelitian adalah untuk mengetahui bentuk jaringan kerja dan lintasan kritis serta untuk mengetahui durasi waktu dan biaya yang optimal proyek pembangunan SMP Negeri 24 Jalan Pangeran Suryanata Samarinda setelah dilakukan *crashing program*.

Riset Operasi

Menurut, Supranto (2009) Riset operasi mencakup dua kata yaitu riset yang harus menggunakan metode ilmiah dan operasi yang berhubungan dengan proses atau berlangsungnya suatu kegiatan (proses produksi, proses pengiriman barang/militer/senjata, proses pemberian pelayanan melalui suatu proses yang panjang).

Adapun langkah-langkah dalam riset operasi menurut Aminudin (2005) sebagai berikut:

1. Definisi masalah, pada langkah ini terdapat tiga unsur utama yang harus diidentifikasi adalah fungsi tujuan, fungsi batasan/kendali serta variabel keputusan.
2. Pengembangan model, sesuai dengan definisi masalah, pengambilan keputusan menentukan model yang paling cocok untuk mewakili sistem.
3. Pemeracahan model, dalam tahap ini bermacam-macam teknik dan metode solusi kuantitatif yang merupakan bagian utama dari riset operasi memasuki proses.
4. Pengujian keabsahan model, menentukan apakah model yang dibangun telah menggambarkan keadaan nyata secara akurat.
5. Implementasi hasil akhir, Menerjemahkan hasil studi atau perhitungan kedalam bahasa sehari-hari agar mudah dimengerti.

Menurut Aminudin (2005), sejalan dengan perkembangan dunia industri dan didukung dengan kemajuan di bidang komputer, riset operasi semakin banyak diterapkan di berbagai bidang untuk menangani masalah yang cukup kompleks.

Manajemen Proyek

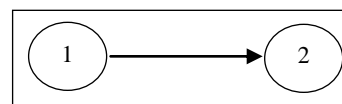
Manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. PMI (*Project Management Institute*) mengemukakan bahwa definisi manajemen proyek adalah ilmu

dan seni yang berkaitan dengan memimpin dan mengkoordinir sumber daya yang terdiri dari manusia dan material dengan menggunakan teknik pengelolaan modern untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan, yaitu lingkup, mutu, jadwal, dan biaya, serta memenuhi keinginan para *stake holder* (Soeharto, 1999).

Teori Jaringan Kerja

Teori jaringan kerja merupakan teknik analisis yang dapat membantu manajemen proyek untuk melaksanakan tugas-tugasnya guna membuat perencanaan, mengatur jadwal pelaksanaan, melakukan pengawasan dan mengambil keputusan terhadap proyek yang sedang berjalan atau proyek yang sama sekali baru.

Menurut Subagyo (2013), di dalam teori jaringan kerja kita mengenal *events* (kejadian-kejadian) dan *activities* (kegiatan-kegiatan).



Gambar 1. Hubungan antara kejadian dan kegiatan

Menurut Siagian (2006), untuk itu diagram jaringan kerja memerlukan beberapa lambang khusus untuk memberikan keterangan yang jelas tentang proyek, yaitu:

- ▶ : Anak panah (*arrow*) menyatakan kegiatan dengan ketentuan bahwa panjang dan arah panah tidak mempunyai arti khusus.
- : Lingkaran kecil atau noda menyatakan suatu kejadian atau peristiwa.
- - -▶ : Anak panah terputus-putus menyatakan kegiatan semu atau *dummy*.

Critical Path Method (CPM)

Menurut Ali (1990), Levin dan Kirkpatrick (1972) mengemukakan metode lintasan kritis (CPM), yakni metode untuk merencanakan dan mengawasi proyek-proyek merupakan sistem yang paling banyak dipergunakan di antara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan. Metode CPM, jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan berbagai tahap suatu proyek dianggap diketahui dengan pasti.

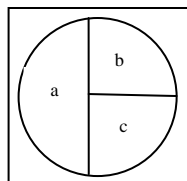
Menurut, Soeharto (1999) dalam metode CPM dikenal dengan adanya lintasan kritis, yaitu lintasan yang memiliki rangkaian penggunaan metode CPM. Lintasan kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek.

Menurut Dimiyati (2010), dalam proses identifikasi lintasan kritis, dikenal beberapa terminologi dasar sebagai berikut:

1. *TE* = (*Earliest Event Occurrence Time*), yaitu saat tercepat terjadinya *event*

2. TL = (Latest Event Occurrence Time), yaitu saat paling lambat terjadinya event
3. ES = (Earliest Activity Start Time), yaitu saat tercepat dimulainya kegiatan
4. EF = (Earliest Activity Finish Time), yaitu saat tercepat diselesaikannya kegiatan
5. LS = (Latest Activity Start Time), yaitu saat paling lambat dimulainya kegiatan
6. LF = (Latest Activity Finish Time), yaitu saat paling lambat diselesaikannya kegiatan
7. t = (Activity Duration Time), yaitu waktu yang diperlukan untuk suatu kegiatan (biasanya dinyatakan dalam hari)
8. S = total slack/total float, yaitu jumlah waktu dimana waktu penyelesaian suatu kegiatan dapat diundur tanpa mempengaruhi saat paling cepat dari penyelesaian proyek secara keseluruhan
9. SF = free slack/free float, yaitu jumlah waktu dimana penyelesaian suatu kegiatan dapat diukur tanpa mempengaruhi saat paling cepat dari dimulainya kegiatan yang lain atau saat paling cepat terjadinya event lain pada jaringan kerja

Bentuk node jaringan pada perhitungan CPM sebagai berikut:



Gambar 2. Ilustrasi node dalam jaringan kerja
Keterangan:

- a = ruang untuk nomor event
- b = ruang untuk menunjukkan saat paling cepat terjadinya event (TE), yang juga merupakan hasil perhitungan maju
- c = ruang untuk menunjukkan saat paling lambat terjadinya event (TL), yang juga merupakan hasil perhitungan mundur

Penentuan Lintasan Kritis dengan CPM

Penentuan lintasan kritis menurut Dimiyati (2010), dilakukan dengan perhitungan maju (Forward Computation), perhitungan mundur (Backward Computation), total float dan free float.

1. Perhitungan Maju (Forward Computation)

Perhitungan bergerak mulai dari kegiatan awal sampai kegiatan akhir proyek. Perhitungan ini menghitung saat tercepat dimulainya kegiatan (ES) dan saat tercepat diselesaikannya kegiatan (EF).

Jika initial event terjadi pada hari ke-nol, maka berlaku $ES_{(i,j)} = TE_{(i)} = 0$

Jadi, $EF_{(i,j)} = ES_{(i,j)} + t_{(i,j)}$
 $= TE_{(i)} + t_{(i,j)}$ (1)

Untuk event yang menggabungkan beberapa kegiatan (merge event), maka

$$TE_{(j)} = maks \{EF_{(i_1,j)}, EF_{(i_2,j)}, \dots, EF_{(i_n,j)}\}$$
 (2)

2. Perhitungan Mundur (Backward Computation)

Perhitungan bergerak dari kegiatan akhir menuju kegiatan awal proyek. Perhitungan ini menghitung saat paling lambat dimulainya kegiatan (LS) dan saat paling lambat diselesaikannya kegiatan (LF). Pada terminal event berlaku $TL = TE$.

Sehingga, $LS_{(i,j)} = LF_{(i,j)} - t_{(i,j)}$ (3)

$$LF_{(i,j)} = TL_{(j)}$$
 dimana $TL = TE$

Untuk yang “mengeluarkan” beberapa kegiatan (burst event), maka

$$TL_{(i)} = min \{LS_{(i,j_1)}, LS_{(i,j_2)}, \dots, LS_{(i,j_n)}\}$$
 (4)

3. Perhitungan Total Float/Total Slack

Total float dihitung dengan mencari selisih antara saat paling lambat dimulainya kegiatan dengan saat paling cepat dimulainya kegiatan ($LS - ES$), atau bisa juga dengan mencari selisih antara saat paling lambat diselesaikannya kegiatan dengan saat paling cepat diselesaikannya kegiatan ($LF - EF$)

a. Jika akan menggunakan persamaan $S = LS - ES$, maka total float kegiatan (i, j) adalah

$$S_{(i,j)} = TL_{(j)} - t_{(i,j)} - TE_{(i)}$$
 (5)

b. Jika menggunakan persamaan $S = LF - EF$, maka total float kegiatan (i, j) adalah

$$S_{(i,j)} = TL_{(j)} - TE_{(i)} - t_{(i,j)}$$
 (6)

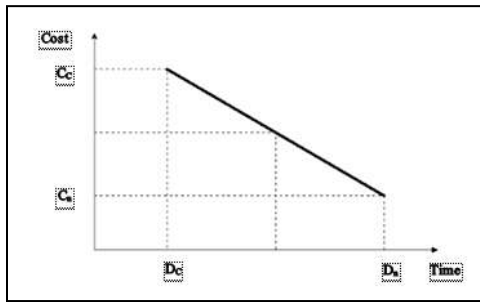
4. Perhitungan Free Float

Free float kegiatan (i, j) dihitung dengan cara mencari selisih antara saat tercepat terjadinya event diujung kegiatan dengan saat tercepat diselesaikannya kegiatan (i, j) tersebut, atau:

$$SF_{(i,j)} = TE_{(j)} - TE_{(i)} - t_{(i,j)}$$
 (7)

Crashing Program

Crashing program menurut Badri (1997), dalam suatu proyek yang dikehendaki selesai dalam waktu yang telah ditentukan, dapat dilakukan percepatan durasi kegiatan dengan konsekuensi akan terjadi peningkatan biaya. Kebanyakan proyek menggambarkan hubungan biaya dengan waktu ini sebagai garis lurus.



Gambar 3. Hubungan antar waktu dan biaya

Titik (D_n, C_n) menyatakan hubungan waktu D_n dengan biaya C_n jika kegiatan dalam kondisi normal. Ada suatu batas yang dinamakan *crash time* atau *crash limit* (batas waktu percepatan) yang menyatakan bahwa pengurangan waktu berikutnya (yang melampaui batas ini) tidak akan efektif lagi.

Pengurangan waktu ini hanya akan efektif jika waktu pada kegiatan kritis yang dikurangi, maka yang perlu diperhatikan adalah kegiatan yang berada pada lintasan kritis. Agar diperoleh pengurangan waktu dengan biaya terkecil biaya terkecil maka, harus ditekankan kegiatan kritis yang mempunyai kemiringan garis biaya-waktu terkecil. Menurut (Dimiyati, 2010) adapun kemiringan (*slope*) tersebut dinyatakan sebagai:

$$Slope = \frac{C_c - C_n}{D_n - D_c} \quad (8)$$

Dimana:

$C_c = cost\ crash$

$C_n = cost\ normal$

$D_c = duration\ crash$

$D_n = duration\ normal$

Menurut, (Dimiyati, 2010) untuk menghitung biaya baru dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Biaya\ baru = biaya\ penjadwalan\ sebelumnya + ((waktu\ sebelum\ crash - waktu\ sesudah\ crash) \times slope) \quad (9)$$

Hasil dan Pembahasan

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh dari hasil wawancara dengan *site manager* serta data sekunder yang diperoleh dari CV. Diperindo Jaya selaku pelaksana proyek. Data yang diperoleh merupakan penjadwalan dari proyek pembangunan SMP Negeri 24 Jalan Pangeran Suryanata Samarinda dan upah pekerja normal serta upah pekerja untuk penambahan jam kerja (lembur). Adapun langkah-langkah analisis sebagai berikut:

1. Membuat penjadwalan proyek.
2. Membuat diagram jaringan kerja.
3. Menentukan lintasan kritis berdasarkan diagram jaringan kerja dengan menggunakan metode CPM.

4. Menentukan durasi waktu dan biaya optimal menggunakan metode *crashing program*.

Statistika Deskriptif

Analisis statistika deskriptif yang digunakan dalam penelitian ini berupa penyajian data penjadwalan serta biaya upah pekerja dalam bentuk tabel yang berisi nilai total, nilai rata-rata, nilai maksimum, nilai minimum, serta variansi.

Tabel 1. Analisis Deskriptif untuk Waktu Pelaksanaan Kegiatan

Rata-Rata	Minimum	Maksimum	Variansi	Total
15,1	2	49	159,399	272

Berdasarkan Tabel 1. dapat dilihat bahwa waktu yang diperlukan pekerja untuk menyelesaikan proyek adalah 272 hari. Variansi untuk data waktu pelaksanaan kegiatan adalah 159,399 dengan rata-rata para pekerja dapat menyelesaikan proyek tersebut yaitu $15,1 \approx 15$ hari. Kegiatan yang memiliki waktu paling lama bagi para pekerja untuk menyelesaikan yaitu 49 hari. Kegiatan yang memiliki waktu paling cepat untuk diselesaikan oleh para pekerja adalah 2 hari.

Tabel 2. Analisis Deskriptif untuk Waktu Pelaksanaan Kegiatan

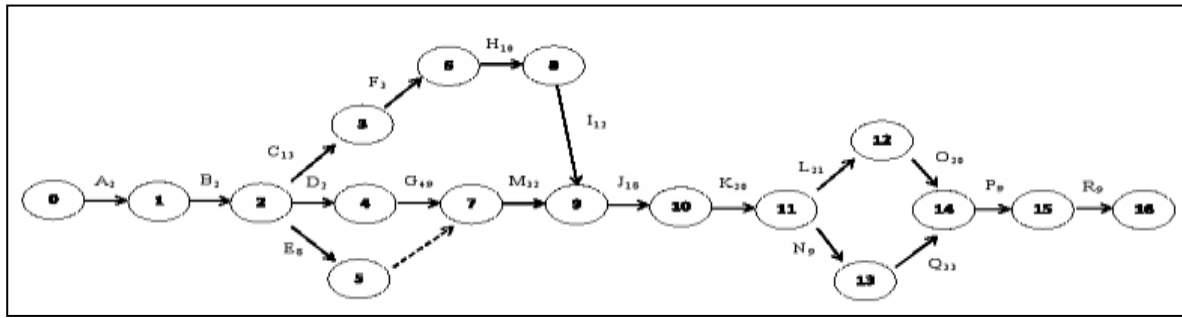
Rata-rata	Rp 20.553.333,33
Minimum	Rp 1.300.000,00
Maksimum	Rp 79.870.000,00
Variansi	Rp $3,91122 \times 10^{14}$
Total	Rp 369.960.000,00

Berdasarkan Tabel 2. dapat dilihat bahwa biaya upah pekerja yang harus dibayar oleh pihak kontraktor untuk menyelesaikan proyek sebesar Rp 369.960.000,00. Variansi untuk data upah pekerja pelaksanaan kegiatan adalah $3,91122 \times 10^{14}$ dengan rata-rata upah pekerja untuk proyek ini sebesar Rp 20.553.333,33 untuk setiap jenis kegiatan. Upah pekerja paling rendah sebesar Rp 1.300.000,00. Upah pekerja paling tinggi sebesar Rp 79.870.000,00.

Diagram Jaringan Kerja

Penjadwalan proyek yang telah dibuat terdiri dari jenis kegiatan, dan waktu penyelesaian tiap kegiatan. Berdasarkan penyelesaian proyek pembangunan SMP Negeri 24 Jalan Pangeran Suryanata Samarinda.

Gambar 4. menunjukkan diagram jaringan kerja pada proyek pembangunan SMP Negeri 24 Jalan Pangeran Suryanata Samarinda, berdasarkan hubungan antar kegiatan dari 18 kegiatan dapat terlihat hubungan antar masing-masing kegiatan dimana kegiatan selanjutnya dapat dikerjakan jika kegiatan sebelumnya telah selesai.



Gambar 4. Diagram jaringan kerja

Menentukan Lintasan Kritis

Metode CPM dapat mengetahui waktu penyelesaian proyek yang lebih efisien. Oleh karena itu, sesuai dengan diagram jaringan kerja maka akan dilakukan perhitungan untuk menentukan lintasan kritis pada diagram jaringan kerja proyek pembangunan SMP Negeri 24 Jalan Pangeran Suryanata Samarinda, adapun perhitungan untuk menentukan lintasan kritis yaitu perhitungan maju (persamaan 1), perhitungan mundur (persamaan 3), *total float* (persamaan 5) dan *free float* (persamaan 7).

Berdasarkan Tabel 3. kegiatan dikatakan kegiatan kritis pada saat nilai *total float* (*S*) dan *free float* (*SF*) bernilai 0, dengan metode *Critical Path Method* (CPM) lintasan kritis berada pada kegiatan A – B – D – G – M – J – K – N – Q – P – R. Sehingga didapat waktu efisien dari penyelesaian proyek pembangunan SMP Negeri 24 Jalan Pangeran Suryanata Samarinda menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) adalah 185 hari. Biaya langsung proyek sebesar Rp 369.960.000,00.

Crashing Program

Sebelum dilakukan perhitungan waktu dan biaya yang optimal, dilakukan pengurangan (percepatan) waktu dan peningkatan (penambahan) biaya pelaksanaan proyek dengan melakukan penambahan jam kerja (lembur) 1-4 jam dan penambahan biaya upah pekerja.

Setelah dilakukan pengurangan waktu serta penambahan biaya penyelesaian proyek pembangunan SMP Negeri 24 Jalan Pangeran Suryanata Samarinda. Berdasarkan persamaan (8) didapat nilai *slope* untuk semua kegiatan sebagaimana terdapat pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil Perhitungan dengan Metode CPM

Kegiatan	Durasi (t) (Hari)	Paling Cepat		Paling Lambat		S	SF
		ES	EF	LS	LF		
(0,1)	2	0	2	0	2	0	0
(1,2)	2	2	4	2	4	0	0
(2,3)	13	4	17	4	62	45	0
(2,4)	2	4	6	4	6	0	0
(2,5)	8	4	12	4	55	43	0
(3,6)	3	17	20	62	65	45	0
(6,8)	10	20	30	65	75	45	0
(4,7)	49	6	55	6	55	0	0
(5,7)	0	12	55	55	55	43	43
(7,9)	32	55	87	55	87	0	0
(8,9)	12	30	87	75	87	45	45
(9,10)	18	87	105	87	105	0	0
(10,11)	20	105	125	105	125	0	0
(11,12)	21	125	146	125	147	1	0
(11,13)	9	125	134	125	134	0	0
(12,14)	20	146	167	147	167	1	1
(13,14)	33	134	167	134	167	0	0
(14,15)	9	167	176	167	176	0	0
(15,16)	9	185	185	176	185	0	0

Tabel 4. Nilai Slope untuk Semua Kegiatan

Kegiatan	Slope (Rupiah/Hari)
(0,1)	148.248
(1,2)	117.008
(2,3)	3.966.213,33
(2,4)	101.408
(2,5)	3.233.176
(3,6)	1.718.784
(6,8)	4.167.632
(4,7)	3.597.911,33
(7,9)	3.568.410,67
(8,9)	8.365.240
(9,10)	5.330.668
(10,11)	6.161.024
(11,12)	2.672.284,80
(11,13)	1.108.629,33
(12,14)	8.603.805,33
(13,14)	7.827.472
(14,15)	3.990.372
(15,16)	2.711.024

Berdasarkan Tabel 4. kegiatan kritis (2,4) mempunyai slope terkecil, sehingga akan dilakukan penekanan satu hari pada kegiatan (2,4) dengan menghitung ulang dengan metode CPM serta menghitung biaya baru (persamaan 9) kemudian dilanjutkan dengan kegiatan kritis yang mempunyai nilai slope terkecil kedua sampai semua kegiatan kritis berada pada crash time masing-masing.

Setelah seluruh kegiatan yang berada pada lintasan kritis telah mencapai crash timenya, maka tidak lagi dilakukan pengurangan terhadap waktu penyelesaian proyek pembangunan SMP Negeri 24 Jalan Pangeran Suryanata Samarinda, sehingga perhitungan selesai.

Waktu efisien penyelesaian proyek pembangunan SMP Negeri 24 Jalan Pangeran Suryanata Samarinda adalah 185 hari dengan biaya upah pekerja sebesar Rp 369.960.000,00. Setelah dilakukan pengurangan waktu penyelesaian proyek dengan metode crashing program diperoleh waktu penyelesaian optimal dari proyek pembangunan SMP Negeri 24 Jalan Pangeran Suryanata Samarinda adalah 157 hari dengan bertambahnya biaya upah pekerja sebesar: Rp473.802.785,32 – Rp369.960.000,00 = Rp103.842.785,32

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan terhadap proyek pembangunan SMP Negeri 24 Jalan Pangeran Suryanata Samarinda maka dapat disimpulkan:

1. Metode penjadwalan CPM digunakan pada proyek pembangunan SMP Negeri 24 Jalan Pangeran Suryanata Samarinda dapat diselesaikan dalam jangka waktu 185 hari, dengan lintasan kritis A – B – D – G – M – J – K – N – Q – P – R. Dimulai dari pekerjaan

persiapan – pekerjaan tanah – pondasi bangunan kelas – pekerjaan beton – pekerjaan rangka atap/atap – pekerjaan plesteran dan acian – pekerjaan kusen pintu/jendela – pekerjaan penutup lantai – pekerjaan pengecatan – pekerjaan instalasi listrik – pekerjaan sanitasi.

2. Alternatif penambahan jam kerja (lembur) 1 - 4 jam waktu kerja pada proyek pembangunan SMP Negeri 24 Jalan Pangeran Suryanata Samarinda maka proyek dapat diselesaikan selama 157 hari percepatan 28 hari dengan biaya upah pekerja sebesar Rp 473.802.785,32 atau bertambah sebesar Rp 103.842.785,32 dari biaya upah pekerja pada waktu normal.

Tabel 5. Tabel Percepatan Seluruh Kegiatan Kritis

Kegiatan	(D _n)	(D _c)	Waktu Sebelum Crash	Waktu Sesudah Crash
(2,4)	2	1	185	184
(1,2)	2	1	184	183
(0,1)	2	1	183	182
(11,13)	9	6	182	181
(15,16)	9	7	181	179
(7,9)	32	26	179	173
(4,7)	49	43	173	167
(14,15)	9	7	167	165
(9,10)	18	14	165	161
(10,11)	20	16	161	157
(13,14)	33	28	157	157

Tabel 6. Tabel Biaya Seluruh Kegiatan Kritis

Kegiatan	Biaya Baru (Rupiah)	Slope (Rupiah/Hari)
(2,4)	370.061.408,00	101.408,00
(1,2)	370.178.416,00	117.008,00
(0,1)	370.326.664,00	148.248,00
(11,13)	371.435.293,33	1.108.629,00
(15,16)	376.857.341,33	2.711.024,00
(7,9)	398.267.805,34	3.568.410,67
(4,7)	419.855.273,32	3.597.911,33
(14,15)	427.836.017,32	3.990.372,00
(9,10)	449.158.689,32	5.330.668,00
(10,11)	473.802.785,32	6.161.024,00
(13,14)	473.802.785,32	7.827.472,00

Daftar Pustaka

Ali, Tubagus Headar. (1990). *Prinsip-prinsip Network Planning*. Jakarta: PT. Gramedia.
 Aminudin. (2005). *Prinsip-Prinsip Riset Operasi*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
 Badri, Sofwan. (1997). *Dasar-Dasar Network Planning*. Jakarta: Rineka Cipta.
 Dimiyati, Tjutju Tarliah., dan Ahmad Dimiyati. (2010). *Operations Research*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.

- Muhardi. (2011). *Manajemen Operasi*. Bandung: Refika Aditama.
- Riduwan. (1997). *Dasar-dasar Statistika*. Bandung: Alfabeta.
- Siagian, P. (2006). *Penelitian Operasional*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Soeharto, Imam. (1999). *Manajemen Proyek Jilid 1 dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Subagyo, Pangestu., Marwan Asri., dan T. Hani Handoko. 2013. *Dasar-Dasar Operations Research Edisi 2*. Yogyakarta: BPFY-Yogyakarta.
- Supranto, Johanes. (2009). *Riset Operasi Edisi Revisi*. Jakarta: Universitas Indonesia.

