

PENERAPAN METODE CRASHING DALAM PERCEPATAN DURASI PROYEK DENGAN ALTERNATIF PENAMBAHAN JAM LEMBUR DAN SHIFT KERJA (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha, Yogyakarta)

Fika Giri Aspia Ningrum¹⁾, Widi Hartono²⁾, Sugiyarto³⁾

1) Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

2) 3) Pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami No.36A Surakarta 57126.Telp: 0271647069. Email : fikafiko88@gmail.com

Abstract

The preparation of the activities in the process of scheduling should be made with the details in order to assist in the evaluation of the project as well as creating the implementation of construction projects effectively and efficiently. The purpose of this research is to know and compare duration and costs after the acceleration by using the addition of alternative working hours (overtime) and work shift. Case study on this research was taken in Grand Keisha Hotel project which located in Yogyakarta city. The data was needed in this study include the curves S, recapitulation of the calculation of the cost's project, real estimate of cost (RAB), and wage workers unit price list. The research method is designing network planning, counting the crashes cost in additional work hours and work shift, calculate the direct costs and indirect costs on every activity that changed due to the implementation of duration changed, the acceleration of the duration of the work, calculating the cost slope, and the determination of costs and optimum duration due to the crashing method. After accelerating with crashing method, for adding alternative work hours obtained the reduction total cost of Rp 1.012.856.772,54 from normal total cost Rp 90.620.898.879,84 to Rp 89.608.042.107,30 with duration 392 days. While for alternative of work shift was decreased total cost Rp 1.240.225.176,44 from normal total cost Rp 90.620.898.879,84 to Rp 89.380.673.703,40 with duration 382 days.

Keywords: CPM, Crashing, overtime hours, critical path, scheduling, shift work.

Abstrak

Penyusunan kegiatan dalam proses penjadwalan harus dibuat dengan detil agar dapat membantu dalam evaluasi proyek serta menciptakan pelaksanaan proyek konstruksi yang efektif dan efisien. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui dan membandingkan besarnya durasi dan biaya setelah dilakukan percepatan dengan menggunakan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan *shift* kerja. Studi kasus pada penelitian ini mengambil proyek pembangunan Hotel Grand Keisha yang terletak di Yogyakarta. Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain kurva S, rekapitulasi perhitungan biaya proyek, daftar Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan daftar harga satuan upah pekerja. Metode penelitian yang digunakan adalah dengan merancang *network planning*, menghitung *crash cost* pada penambahan jam kerja dan *shift* kerja, menghitung biaya langsung dan biaya tidak langsung pada setiap kegiatan yang berubah akibat perubahan durasi pelaksanaan, percepatan durasi pekerjaan, perhitungan *cost slope*, serta penentuan biaya dan durasi optimum akibat penerapan metode *crashing*. Setelah dilakukan percepatan dengan metode *crashing*, untuk alternatif penambahan jam kerja diperoleh pengurangan total *cost* sebesar Rp.1.012.856.772,54 dari total *cost* normal Rp.90.620.898.879,84 menjadi Rp.89.608.042.107,30 dengan durasi 392 hari. Sementara untuk alternatif *shift* kerja terjadi pengurangan total *cost* sebesar Rp.1.240.492.176,44 dari total *cost* normal Rp.90.620.898.879,84 menjadi Rp.89.380.406.703,40 dengan durasi 382 hari.

Kata kunci: CPM, *Crashing*, jam lembur, lintasan kritis, penjadwalan, *shift* kerja.

PENDAHULUAN

Ada tiga komponen keberhasilan dalam suatu proyek konstruksi, diantaranya adalah factor biaya, mutu dan waktu. Dalam jangka waktu yang telah disediakan, seorang kontraktor harus mampu mengelola proyek konstruksi secara sistematis demi mencapai keberhasilan sesuai dengan perencanaan proyek tersebut. Namun kenyataannya kontraktor selaku pelaksana proyek tidak dapat menyelesaikan pekerjaan sesuai dengan waktu yang telah direncanakan.

Studi kasus pada penelitian ini mengambil proyek pembangunan Hotel Grand Keisha yang terletak di Yogyakarta. Proyek ini dipilih sebagai objek penelitian dikarenakan mengalami keterlambatan dalam kegiatan pelaksanaannya. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui dan membandingkan total durasi dan biaya pada Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha setelah dilakukan percepatan dengan menggunakan metode *Crashing*. Metode *Crashing* merupakan alat bantu manajemen yang bertujuan untuk mereduksi durasi tiap-tiap pekerjaan sesuai kebutuhan sehingga waktu penyelesaian proyek lebih cepat, serta dapat menghindari keterlambatan yang berlebihan.

LANDASAN TEORI

Manajemen Proyek

Pengertian manajemen pada dasarnya mencakup suatu metode/teknik atau proses untuk mencapai suatu tujuan tertentu secara sistematis dan efektif, melalui tindakan-tindakan perencanaan (*planning*), pengorganisasian (*organizing*), pelaksanaan (*actuating*) dan pengendalian (*controlling*) dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara efisien (Irika Widiasanti & Lenggogeni, *Manajemen Konstruksi*, 2013:23).

Percepatan Proyek

Percepatan pekerjaan dapat dilakukan dengan 2 (dua) landasan yang berbeda. Landasan pertama adalah ketika percepatan pekerjaan dilaksanakan atas perintah pemilik proyek atau konsultan MK kepada kontraktor untuk menambah jumlah pekerja, waktu kerja (lembur), atau pekerjaan bergantian (*shift work*) sehingga pekerjaan dapat selesai lebih cepat dari waktu yang telah disepakati di dalam kontrak. Percepatan ini dinamakan percepatan actual (*actual acceleration*). Sedangkan jenis percepatan pekerjaan kedua disebut percepatan konstruktif (*constructive acceleration*) yaitu upaya percepatan pekerjaan yang dilakukan oleh kontraktor tanpa adanya instruksi langsung dari pemilik proyek atau konsultan MK. Percepatan ini dilakukan untuk memenuhi tenggat waktu penyelesaian pekerjaan (Seng Hansen, *Manajemen Kontrak Konstruksi*, 2015:127).

Kinerja Waktu

Dalam melaksanakan suatu proyek, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi waktu pelaksanaan konstruksi, diantaranya:

1. Ukuran proyek

Semakin besar ukuran bangunan, semakin kompleks konstruksinya dan memerlukan waktu penyelesaian yang lebih lama.

2. Fungsi bangunan

Fungsi suatu bangunan menyiratkan target bisnis yang ingin dicapai. Contohnya kantor, ritel dan bangunan lainnya.

3. Kompleksitas

Kompleksitas menggambarkan kerumitan pekerjaan yang berdampak pada metode konstruksi seperti tipe pondasi yang digunakan.

4. Kualitas

Kualitas dapat diklasifikasikan oleh variabel atau atribut yaitu penampilan kekuatan, stabilitas, penggunaan material. Tampilannya merupakan salah satu aspek penilaian kualitas.

5. Lokasi

Lokasi bangunan mempunyai dampak penting pada waktu pelaksanaan proyek, karena lokasi proyek berdampak pada ketersediaan sumber daya seperti material, alat dan waktu.

Kinerja Biaya

Biaya merupakan salah satu hal penting dalam perencanaan suatu proyek. Secara umum biaya konstruksi dibagi menjadi dua kelompok, yaitu: biaya langsung dan tidak langsung.

1. Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung adalah seluruh biaya yang berkaitan langsung dengan fisik proyek, yaitu meliputi seluruh biaya dari kegiatan yang dilakukan di proyek (dari persiapan hingga penyelesaian) dan biaya mendatangkan seluruh sumber daya yang diperlukan oleh proyek tersebut (Ermis Vera Iramutyn, 2010:24).

2. Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya ini biasanya terjadi di luar proyek. Biaya tidak langsung dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

a. Biaya pengeluaran umum (*General Overhead*)

Contoh dari biaya *General Overhead* adalah biaya operasional kantor seperti pembelian utilitas, menyewa akuntan dan penggajian pegawai.

b. Biaya pengeluaran proyek (*Project Overhead*)

Misalnya supervise lapangan (*site supervise*), utilitas lapangan (*site utility*), asuransi proyek (*project insurance*) dan biaya penjadwalan (*scheduling cost*).

Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan biaya bangunan berdasarkan gambar bangunan dan spesifikasi pekerjaan konstruksi yang akan dibangun (Sittha Atat, 2015:12). Tujuan dari RAB adalah untuk memberikan perkiraan yang paling baik mengenai biaya akhir dari suatu proyek. RAB disusun mencakup semua biaya konstruksi dan hal lainnya mengenai biaya proyek tetapi tidak termasuk pengembalian modal pengembang dan hal-hal khusus misalnya imbalan jasa perantara.

Kurva S

Kurva S adalah hasil plot dari *Barchart*, bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan-kegiatan yang masuk dalam suatu jangka waktu pengamatan progress pelaksanaan proyek (Callahan, 1992 dalam Irika Widiasanti & Lenggogeni, 2013: 125). Adapun fungsi kurva S menurut Irika Widiasanti & Lenggogeni (2013:126) dalam bukunya yang berjudul "*Manajemen Konstruksi*" adalah sebagai berikut:

- Untuk menganalisis kemajuan/progress suatu proyek secara keseluruhan,
- Untuk mengetahui pengeluaran dan kebutuhan biaya pelaksanaan proyek,

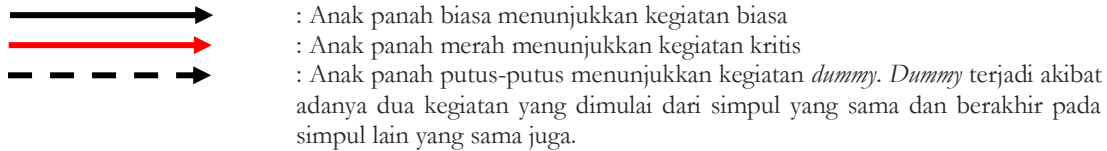
- c. Untuk mengontrol penyimpangan yang terjadi pada proyek dengan membandingkan kurva S rencana dengan kurva S aktual (Imam Suharto, 1998).

Network Planning (Jaringan Kerja)

Penyusunan jaringan kerja harus memperhatikan beberapa simbol yang digunakan dalam visualisasi CPM, diantaranya seperti di bawah ini:

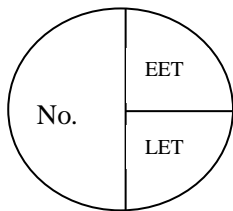
- a. Anak panah (*arrow*)/kegiatan (*activity*)

Anak panah menunjukkan hubungan antara kegiatan. Sebuah anak panah mewakili satu kegiatan. Terdapat tiga jenis anak panah:



- b. Lingkaran kecil (*node*)/peristiwa (*event*)

Menyatakan suatu kejadian yang diartikan sebagai pertemuan dari permulaan atau akhir atau beberapa kegiatan. Umumnya ditandai dengan kode angka yang disebut nomor kejadian.



Keterangan :

- EET (*Earliest Event Time*) : Saat kejadian paling awal
- LET (*Latest Event Time*) : Saat kejadian paling lambat

Critical Path Method (CPM)

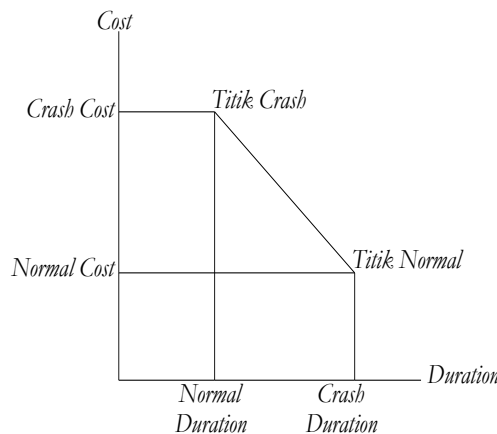
CPM atau Metode Lintasan Kritis adalah suatu rangkaian item pekerjaan dalam suatu proyek yang menjadi bagian kritis atas terselesainya proyek secara keseluruhan.

Pada CPM terdapat istilah tenggang waktu kegiatan (*activity float*) yang merupakan ukuran batas toleransi keterlambatan proyek. Terdapat tiga macam tenggang waktu kegiatan, antara lain *Total Float* (TF), *Free Float* (FF) dan *Independent Float* (IF).

- a. *Total Float* adalah jumlah waktu yang tersedia untuk keterlambatan atau perlambatan pelaksanaan kegiatan tanpa mempengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan (Wulfram, 1995:239). Nilai *Total Float* dirumuskan dengan :
 $TF = LET_{(B)} - EET_{(A)} - D$ [1]
- b. *Free Float* adalah sejumlah waktu yang tersedia untuk keterlambatan atau perlambatan pelaksanaan kegiatan tanpa mempengaruhi dimulainya kegiatan yang langsung mengikutinya (Wulfram, 1995:239). Nilai *Free Float* adalah:
 $FF = EET_{(B)} - EET_{(A)} - D$ [2]
- c. *Independent Float* adalah suatu kegiatan yang boleh digeser atau dijadwalkan dan sedikitpun tidak sampai mempengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan (Sitcha Atat, 2015 dalam Soeharto, 1995). Nilai *Independent Float* dirumuskan dengan :
 $IF = EET_{(B)} - D - LET_{(A)}$ [3]

Metode Crashing

Crashing Project merupakan tindakan untuk mengurangi durasi keseluruhan pekerjaan setelah menganalisa alternatif-alternatif yang ada dari jaringan kerja. Bertujuan untuk mengoptimalkan waktu kerja dengan biaya terendah (Taufiqur Rahman, 2013:1). Seringkali dalam *crashing* terjadi *trade-off*, yaitu pertukaran waktu dengan biaya. Hal ini dapat digambarkan dalam bentuk grafik waktu-biaya (seperti pada Gambar 2.4).



Gambar 1. Grafik Waktu – Biaya

Dalam *crashing project*, terdapat dua komponen waktu, yaitu:

- Waktu Normal (*Normal Time*), yaitu penyelesaian aktivitas dalam kondisi normal,
- Waktu Akselerasi (*Crash Time*), yaitu waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan aktivitas.

Dari dua komponen tersebut dapat diperoleh Total Waktu Akselerasi, dengan persamaan:

$$\text{Total Waktu Akselerasi} = \text{Waktu Normal} - \text{Waktu Akselerasi} \dots\dots\dots [4]$$

Sementara komponen biaya dalam *crashing project* terbagi atas tiga, 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 waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan aktivitas. Dari dua komponen tersebut dapat diperoleh Total Biaya Akselerasi, dengan persamaan:

$$\text{Total Biaya Akselerasi} = \text{Biaya Akselerasi} - \text{Biaya Normal} \dots\dots\dots [5]$$

- Biaya Akselerasi per Unit Waktu (*Slope*), yaitu biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi waktu terpendek dalam satuan waktu terkecil yang ditentukan, dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Biaya Akselerasi per Unit Waktu (Slope)} = \text{Total Biaya Akselerasi} \div \text{Total Waktu Akselerasi} \dots\dots\dots [6]$$

Untuk melakukan *crashing* pada sebuah proyek, terdapat langkah-langkah untuk menyelesaikannya, yaitu:

- Gambar diagram jaringan untuk setiap kejadian,
- Hitung total waktu akselerasi, total biaya akselerasi, dan biaya akselerasi per unit waktu untuk setiap kejadian,
- Tentukan garis edar kritis dan lamanya waktu proyek,
- Pilih aktivitas pada garis edar kritis yang memiliki biaya akselerasi minimal, dan kurangi waktu aktivitas tersebut semaksimal mungkin
- Perbaharui semua waktu kegiatan, jika batas waktu yang diinginkan telah tercapai, maka berhenti. Jika tidak, ulangi langkah 3.

Alternatif Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Crashing dengan menambahkan jam kerja akan mempengaruhi efisiensi proyek. Produktivitas untuk alternatif ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus 2.7 sampai dengan 2.9.

$$\text{Produktivitas Harian} = \text{Volume} \div \text{Durasi Normal} \dots\dots\dots [7]$$

$$\text{Produktivitas/jam} = \text{Produktivitas Harian} \div \text{Jam Kerja Normal} \dots\dots\dots [8]$$

$$\text{Produktivitas sesudah crash} = \text{Produktivitas harian} + (\text{Total Waktu Lembur} \times \text{Produktivitas/jam} \times \%) \dots\dots\dots [9]$$

Dari nilai produktivitas harian sesudah *crash* tersebut dapat dicari durasi penyelesaian proyek setelah dipercepat (*crash duration*) (Mila Nata, 2015:20).

$$\text{Crash Duration} = \text{Volume} \div \text{Produktivitas sesudah Crash} \dots\dots\dots [10]$$

Besarnya nilai *crash cost* dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini.

$$\text{Biaya Upah Lembur Total} = \text{Jumlah pekerja} \times (3 \text{ jam} \times \text{crashing}) \times \text{biaya lembur/hari} \dots\dots\dots [11]$$

$$\text{Crash Cost} = \text{Biaya Langsung Normal} + \text{Biaya Upah Lembur Total} \dots\dots\dots [12]$$

Alternatif Shift Kerja

Jumlah *shift* disesuaikan dengan kebutuhan proyek atau disesuaikan dengan perjanjian antara pemilik dengan pelaksana proyek. Produktivitas pada *shift* kerja dihitung dengan rumus 2.10. (Sani dan Septiropa, 2014 dalam Shitcha Atat, 2015:20).

$$\text{Produktivitas crashing} = \text{Produktivitas harian normal} \times \text{Jumlah shift} \dots\dots\dots [13]$$

METODE PENELITIAN

Pengumpulan data atau informasi diperoleh dari instansi yang terkait yaitu pihak kontraktor dan konsultan pengawas Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha. Ada dua jenis variabel yang dibutuhkan untuk penelitian ini, pertama adalah data variabel waktu diantaranya data kurva S dan rekapitulasi perhitungan biaya proyek dan data variabel biaya antara lain daftar Rencana Anggaran Biaya (RAB), daftar harga bahan dan upah serta laporan harian jumlah tenaga kerja.

Setelah data dari proyek terkumpul, langkah pertama yang harus dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan penyusunan *network planning*, dimulai dari menentukan nomor aktivitas pekerjaan, kemudian menentukan durasi setiap pekerjaan, menentukan aktivitas mana yang mendahului, aktivitas mana yang mengikuti serta aktivitas mana yang dapat dikerjakan dalam waktu yang bersamaan. Setelah *network planning* tersusun maka langkah selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan analisis *Crashing* dengan menentukan total waktu akselerasi, total biaya akselerasi dan total biaya akselerasi per unit waktu (*cost slope*), perhitungan ketiganya hanya dilakukan pada aktivitas yang dilalui oleh garis edar kritis. Aktivitas yang akan di *crash* adalah aktivitas yang memiliki nilai *cost slope* terendah, setelah dilakukan proses *crashing* maka *network planning* disusun kembali dengan durasi *crashing* (durasi terbaru). *Crashing* akan dilakukan berulang kali hingga pekerjaan sampai pada titik jenuh (tidak dapat dilakukan proses *crashing* lagi).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Crashing dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Contoh perhitungan *crash duration* pada pekerjaan saluran air hujan:

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Harian} &= \text{Volume} \div \text{Durasi Normal} \\ &= 219,41 \div 21 = 10,45 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Produktivitas/jam} &= \text{Produktivitas Harian} \div \text{Jam Kerja Normal} \\ &= 10,45 \div 8 = 1,31 \text{ m}^3/\text{hari/jam} \\ \text{Produktivitas sesudah crashing} &= 10,45 + (3 \times 1,31 \times 75\%) = 13,39 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Crash Duration} &= \text{Volume} \div \text{Produktivitas sesudah Crash} \\ &= 219,41 \div 13,39 \approx 16 \text{ hari} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *crash duration* pada pekerjaan lain dapat dilihat pada tabel hasil perhitungan *crash duration*.

Tabel 1. Hasil Perhitungan *Crash Duration* pada Alternatif Penambahan Jam Kerja

SIMBOL	Uraian Pekerjaan	Durasi Normal	<i>Crash Duration</i>
E1	Jalan & Parkiran	210	164
E3	Saluran Air Hujan	21	16
E5	Sumur Resapan & Bak Kontrol	21	16
D4	<i>Sanitary</i>	109	85
E7	<i>Landscape</i>	60	47
F10	<i>Deep Well</i>	90	70
D6	Pekerjaan Kulit Luar	34	27

Selain itu dalam *crashing* juga diperlukan *crash cost* dimana *crash cost* itu sendiri berarti biaya langsung pada kondisi waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan aktivitas. Untuk menghitung *crash cost* digunakan rumus pada Persamaan (11) dan (12).

Contoh perhitungan *crash cost* pekerjaan saluran air hujan:

Biaya Lembur:

$$\begin{aligned} \text{Jenis Pekerja} &= \text{Jumlah Pekerja} \times (\text{Jam Lembur} \times \text{Total Crash}) \times [(1,5 \times \text{gaji 1 jam upah normal}) + (2 \times 2 \times \text{gaji 1 jam upah normal})] \\ \text{Pekerja} &= 4 \times (3 \times 5) \times ((\text{Rp. } 5.937,50 \times 1,5) + (\text{Rp. } 5.937,50 \times 2 \times 2)) \\ &= \text{Rp. } 1.806.448,17 \\ \text{Tukang Batu} &= 2 \times (3 \times 5) \times ((\text{Rp. } 6.875,00 \times 1,5) + (\text{Rp. } 6.875,00 \times 2 \times 2)) \\ &= \text{Rp. } 1.045.838,41 \\ \text{Tukang Gali/Urug} &= 3 \times (3 \times 5) \times ((\text{Rp. } 5.937,50 \times 1,5) + (\text{Rp. } 5.937,50 \times 2 \times 2)) \\ &= \text{Rp. } 1.354.836,13 \\ \text{Kepala Tukang Batu} &= 1 \times (3 \times 5) \times ((\text{Rp. } 8.125,00 \times 1,5) + (\text{Rp. } 8.125,00 \times 2 \times 2)) \\ &= \text{Rp. } 617.995,43 \\ \text{Mandor} &= 1 \times (3 \times 5) \times ((\text{Rp. } 8.750,00 \times 1,5) + (\text{Rp. } 5.937,50 \times 2 \times 2)) \\ &= \text{Rp. } 665.533,54 \\ \text{Total Biaya} &= \text{Rp. } 1.806.448,17 + \text{Rp. } 1.045.838,41 + \text{Rp. } 1.354.836,13 + \text{Rp. } 617.995,43 + \text{Rp. } 665.533,54 \\ &= \text{Rp. } 5.490.651,68 \\ \text{Crash Cost} &= \text{Rp. } 100.962.001,00 + \text{Rp. } 5.490.651,68 \\ &= \text{Rp. } 219.749.475,68 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *crash cost* pada pekerjaan lain dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Crash Cost* pada Alternatif Penambahan Jam Kerja (Lembur)

SIMBOL	Durasi Normal		<i>Crash Cost</i>
	Normal	<i>Crash</i>	
E1	210	164	734.528.185,21
E3	21	16	219.749.475,68
E5	21	16	106.714.112,28
D4	109	85	4.197.824.917,74
E7	60	47	48.825.044,05
F10	90	70	244.606.196,95
D6	34	27	165.167.356,24

Cost slope merupakan biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi waktu terpendek dalam satuan waktu terkecil yang ditentukan. Perhitungannya menggunakan Rumus (6)

Contoh perhitungan *cost slope* pada pekerjaan saluran air hujan:

$$\text{Cost Slope} = \frac{219.749.475,68 - 214.258.824,00}{21 - 16} = \text{Rp. } 1.191.093,00 / \text{hari}$$

Hasil perhitungan *cost slope* pada pekerjaan lain dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Cost Slope* pada Alternatif Penambahan Jam Kerja (Lembur)

SIMBOL	<i>Crash Duration</i>	<i>Normal Cost</i>	<i>Crash Cost</i>	<i>Cost Slope</i>
E1	105	660.844.115,09	734.528.185,21	1.598.437,50
E3	11	214.258.824,00	219.749.475,68	1.191.093,75
E5	11	100.962.001,00	106.714.112,28	1.247.812,50
D4	55	4.161.553.340,00	4.197.824.917,74	1.515.937,50
E7	30	41.626.416,00	48.825.044,05	546.562,50
F10	45	221.176.700,00	244.606.196,95	1.185.937,50
D6	17	158.317.341,00	165.167.356,24	917.812,50

Selanjutnya akan diuraikan contoh perhitungan biaya langsung, biaya tidak langsung dan total biaya *crashing* dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur):

Tahap Normal

Durasi Normal = 438 hari
 Biaya Tidak Langsung = 2% Biaya Total Proyek + PPN 10% Biaya Total Proyek
 = Rp. 1.618.230.337,14 + Rp. 8.091.151.685,70
 = Rp. 9.709.382.022,84
 Biaya Langsung = Rp. 80.911.516.857,00
 Total Cost = Biaya Tidak Langsung + Biaya Langsung
 = Rp. 9.709.382.022,84 + Rp. 80.911.516.857,00
 = Rp. 90.620.898.879,84

Tahap Kompresi 2

Crashing pekerjaan saluran air hujan:
Cost Slope /hari = Rp. 1.191.093,00 /hari
 Durasi Normal = 21 hari
Crash Duration = 16 hari
 Total *Crash* = 5 hari
 Total Durasi Proyek = 433 hari
 Tambahan Biaya = Rp. 1.191.093,00 /hari × 5 hari
 = Rp. 5.490.651,68
 Biaya Langsung = Rp. 80.911.516.857,00 + Rp. 5.490.651,68
 = Rp. 80.917.007.508,68
 Biaya Tidak Langsung = (Rp. 9.709.382.022,84 ÷ 438) × 433
 = Rp. 9.598.544.328,52
 Total Cost = Rp. 80.917.007.508,68 + Rp. 9.598.544.328,52
 = Rp. 90.206.897.094,93

Untuk rekapitulasi perhitungan biaya langsung, tidak langsung dan *total cost* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Biaya Langsung, Biaya Tidak Langsung dan *Total Cost* untuk Alternatif Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Simbol	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Total Cost (Rp)
E1	80.985.200.927,12	9.221.696.167,81	90.206.897.094,93
E3	80.917.007.508,68	9.709.382.022,84	90.626.389.531,52
E5	80.917.268.968,28	9.598.544.328,52	90.515.813.296,80
D4	80.947.788.434,74	8.911.350.623,70	89.859.139.058,45
E7	80.918.715.485,05	8.867.015.545,97	89.785.731.031,02
F10	80.934.946.353,95	8.844.848.007,11	89.779.794.361,06
D6	80.918.366.872,24	8.689.675.235,05	89.608.042.107,30

Crashing dengan Penambahan *Shift* Kerja

Berikut contoh perhitungan pekerjaan saluran air hujan untuk alternatif *shift* kerja:

Produktivitas Harian = Volume ÷ Durasi Normal
 = 219,41 ÷ 21 = 10,45 m³ /hari
 Produktivitas sesudah *crashing* = Prod. Harian Normal × Jumlah *Shift* 10,45 × 2
 = 20,90 m³ /hari
Crash Duration = Volume ÷ Produktivitas sesudah *Crash*
 = 219,41 ÷ 20,90 ≈ 16 hari

Hasil perhitungan *crash duration* pada pekerjaan lain dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Crash Duration* pada Alternatif *Shift* Kerja

SIMBOL	Uraian Pekerjaan	Durasi Normal	<i>Crash Duration</i>
E1	Jalan & Parkiran	210	105
E3	Saluran Air Hujan	21	11
E5	Sumur Resapan & Bak Kontrol	21	11
E2	Pintu & Pagar	28	14
D4	<i>Sanitary</i>	109	55
E7	<i>Landscape</i>	60	30
F10	<i>Deep Well</i>	90	45
D6	Pekerjaan Kulit Luar	34	17

Contoh perhitungan *crash cost* pekerjaan saluran air hujan:

<i>Shift</i> Pertama	= Jumlah Pekerja × Gaji Pekerja per hari	
Pekerja	= 4 × Rp. 47.500,00	= Rp. 190.000,00
Tukang Batu	= 2 × Rp. 55.000,00	= Rp. 110.000,00
Tukang Gali/Urug	= 2 × Rp. 47.500,00	= Rp. 170.000,00
Kepala Tukang Batu	= 1 × Rp. 65.000,00	= Rp. 65.000,00
Mandor	= 1 × Rp. 70.000,00	= Rp. 70.000,00
<i>Shift</i> Kedua	= Jumlah Pekerja × (Jam Kerja <i>Shift</i> Pertama/ <i>Shift</i> Kedua) × Gaji Pekerja per hari	
Pekerja	= 4 × (8/5) × Rp. 47.500,00	= Rp. 304.000,00
Tukang Batu	= 2 × (8/5) × Rp. 55.000,00	= Rp. 176.000,00
Tukang Gali/Urug	= 2 × (8/5) × Rp. 47.500,00	= Rp. 272.000,00
Kepala Tukang Batu	= 1 × (8/5) × Rp. 65.000,00	= Rp. 104.000,00
Mandor	= 1 × (8/5) × Rp. 70.000,00	= Rp. 112.000,00
Total Biaya	= Rp. 190.000,00 + Rp. 110.000,00 + Rp. 170.000,00 + Rp. 65.000,00 + Rp. 70.000,00 + Rp. 304.000,00 + Rp. 176.000,00 + Rp. 272.000,00 + Rp. 104.000,00 + Rp. 112.000,00	= Rp. 1.573.000,00
<i>Crash Cost</i>	= Rp. 214.258.824,00 + (11 × Rp. 1.573.000,00)	= Rp. 117.478.501,00

Hasil perhitungan *crash cost* pada pekerjaan lain dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan *Crash Cost* pada Alternatif *Shift* Kerja

SIMBOL	Durasi Normal		<i>Crash Cost</i>
	Normal	<i>Crash</i>	
E1	210	105	872.419.115,09
E3	21	11	230.024.574,00
E5	21	11	117.478.501,00
E2	28	14	406.323.781,00
D4	109	55	4.265.702.840,00
E7	60	30	58.201.416,00
F10	90	45	296.641.700,00
D6	34	17	177.986.341,00

Contoh perhitungan *cost slope* pada pekerjaan saluran air hujan:

$$\text{Cost Slope} = \frac{230.024.574,00 - 214.258.824,00}{21 - 11} = \text{Rp. } 1.501.500,00 \text{ /hari}$$

Hasil perhitungan *cost slope* pada pekerjaan lain dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan *Cost Slope* pada Alternatif *Shift* Kerja

SIMBOL	<i>Crash Duration</i>	Normal Cost	<i>Crash Cost</i>	<i>Cost Slope</i>
E1	105	660.844.115,09	872.419.115,09	2.015.000,00
E3	11	214.258.824,00	230.024.574,00	1.501.500,00
E5	11	100.962.001,00	117.478.501,00	1.573.000,00
E2	14	384.210.781,00	406.323.781,00	1.579.500,00
D4	55	4.161.553.340,00	4.265.702.840,00	1.911.000,00
E7	30	41.626.416,00	58.201.416,00	552.500,00

F10	45	221.176.700,00	296.641.700,00	1.677.000,00
D6	17	158.317.341,00	177.986.341,00	1.157.000,00

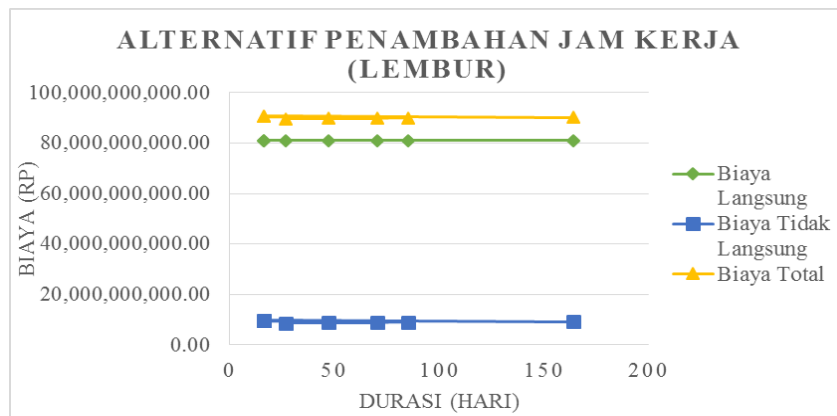
Contoh perhitungan biaya langsung, biaya tidak langsung dan total *cost* pada pekerjaan E5 (sumur resapan dan bak kontrol):

$Cost\ Slope /hari = Rp. 1.501.500,00$
 Durasi Normal = 21 hari
 $Crash\ Duration = 11\ hari$
 Total Durasi Proyek = 431 hari
 Biaya Langsung = Rp. 80.911.516.857,00 + Rp. 1.501.500,00
 = Rp. 80.913.089.857,00
 Biaya Tidak Langsung = (Rp. 9.709.382.022,84 ÷ 438) × 431
 = Rp. 9.554.209.250,79
 Total *Cost* = Rp. 80.912.726.857,00 + Rp. 9.554.209.250,79
 = Rp. 90.467.299.107,79

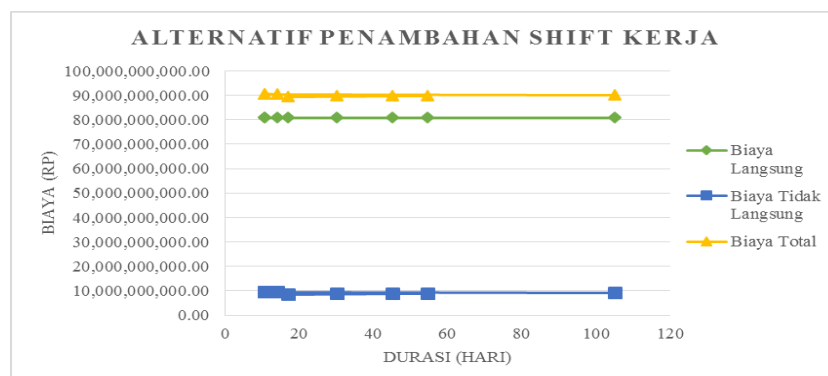
Tabel 8. Rekapitulasi Perhitungan Biaya Langsung, Biaya Tidak Langsung dan *Total Cost* untuk Alternatif *Shift* Kerja

SIMBOL	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Total Cost (Rp)
E1	80.913.531.857,00	9.221.696.167,81	90.135.228.024,81
E3	80.913.018.357,00	9.709.382.022,84	90.622.400.379,84
E5	80.913.089.857,00	9.554.209.250,79	90.467.299.107,79
E2	80.913.096.357,00	9.487.706.634,19	90.400.802.991,19
D4	80.913.427.857,00	8.911.350.623,70	89.824.778.480,70
E7	80.912.069.357,00	8.867.015.545,97	89.779.084.902,97
F10	80.913.193.857,00	8.844.848.007,11	89.758.041.864,11
D6	80.912.673.857,00	8.467.999.846,40	89.380.673.703,40

Setelah biaya langsung, biaya tidak langsung dan total *cost* dari kedua alternatif diketahui maka langkah selanjutnya adalah membuat grafik hubungan biaya dan waktu dari kedua alternatif tersebut. Grafik hubungan biaya dan waktu ini membantu dalam menentukan waktu dan biaya optimal pada proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha.



Gambar 2. Grafik Hubungan Biaya dan Waktu dengan Alternatif Penambahan Jam Kerja (Lembur)



Gambar 3. Grafik Hubungan Biaya dan Waktu dengan Alternatif *Shift* Kerja

KESIMPULAN

1. Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha memiliki durasi normal pengerjaan selama 438 hari dengan biaya total sebesar Rp. 90.620.898.879,84. Untuk alternatif penambahan jam kerja diperlukan 7 kali *crashing* dengan durasi optimum sebesar 392 hari dengan total *cost* sebesar Rp. 89.608.042.107,30. Sedangkan untuk alternatif *shift* kerja dilakukan 8 kali *crashing* dengan durasi optimum sebesar 382 hari dengan total *cost* sebesar Rp. 89.380.406.703,40. Dari kedua kondisi tersebut, alternatif percepatan yang dipilih dalam upaya mempersingkat durasi proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha adalah dengan menerapkan *shift* kerja.
2. Setelah dilakukan percepatan dengan metode *crashing* untuk alternatif penambahan jam kerja menghasilkan pengurangan total *cost* sebesar Rp. 1.012.856.772,54 menjadi Rp. 89.608.042.107,30 dengan durasi waktu yang lebih singkat 46 hari menjadi 392 hari. Sementara untuk alternatif *shift* kerja terjadi pengurangan total *cost* sebesar Rp. 1.240.492.176,44 menjadi Rp. 89.380.406.703,40 dengan durasi waktu yang lebih singkat 56 hari menjadi 382 hari.

SARAN

1. Pada penelitian selanjutnya percepatan menggunakan metode *crashing* dapat dibandingkan dengan menggunakan Program *Microsoft Project* atau Program *Primavera* sehingga dapat dilihat perbandingan antar ketiga program.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan metode dan alternatif lain dalam melakukan percepatan proyek.
3. Rutin melakukan pengecekan ulang terhadap durasi proyek setiap dilakukan perubahan data agar diperoleh hasil analisis yang akurat

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Widi Hartono, S.T., M.T., Ir. Sugiyarto, M.T., dan Rais Suwedi IPM yang telah membimbing dan memberi arahan serta masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Armaini Akhirson Karaini. 2015. *Pengantar Manajemen Proyek*. Jakarta: UNIVERSITAS GUNADARMA.
- Ermis Vera Iramutyn. 2010. *Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Crash*. Surakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Irika Widiasanti & Lenggogeni. 2013. *Manajemen Konstruksi*. Bandung: PT. REMAJA ROSDAKARYA.
- Mila .N. Purnama Wati. 2015. *Analisis Percepatan Proyek menggunakan Metode Time Cost Trade Off dengan Penambahan Jam Kerja Lembur Optimum*. Surakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Seng Hansen. 2015. *Manajemen Kontrak Konstruksi*. Jakarta: PT. GRAMEDIA PUSTAKA UTAMA.
- Sitcha Atat .N. Chabibah. 2015. *Penerapan Time Cost Trade Off dalam Optimalisasi Biaya dan Waktu terhadap Perbandingan Penambahan Tenaga Kerja dan Shift Kerja*. Surakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Sofwan Badri. 1991. *Dasar-Dasar Network Planning (Dasar-Dasar Perencanaan Jaringan Kerja)*. Yogyakarta : RINEKA CIPTA.
- Taufiqur Rachman. 2013. *Manajemen Proyek (Crashing Project)*. Jakarta Barat: Fakultas Teknik Universitas Esa Unggul.
- Wulfram I Ervianto. 2004. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET.