

ANALISIS PERCEPATAN PROYEK MENGGUNAKAN METODE *CRASHING* DENGAN PENAMBAHAN TENAGA KERJA DAN *SHIFT* KERJA (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha, Yogyakarta)

Elisabeth Riska Anggraeni¹⁾, 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 : elisabethriskangaengraeni@gmail.com

Abstract

Assessment of project success in achieving objectives can be viewed from the aspect of time, cost, and quality. The project is successful when it can reach those three standards in accordance with the initial planning. But the practices in the field often did not correspond with the project implementation plan, which was resulting in project delays. The project implementers usually choose to accelerate the project as a solution for the delay with one method, which is called crashing. This study aims to accelerate the development of project Grand Keisha, Yogyakarta, which has been delayed by using alternative Addition of Manpower and Work Shift. In this research, comparing alternative crashing addition of manpower and shift work was chosen for the acceleration method. The analysis was performed with a quantitative descriptive method. The data used are primary data drawn from interviews and secondary data from related documents, the RAB, the S-curve, the volume of work, a list of unit wage, and the number of workers. The calculations show that acceleration which is uses more manpower and shift works can reduce the duration of the project for 34 days or 7.76% of the normal duration, which is 438 days. The alternative of adding the number of manpower can result cost reductions Rp 701,809,654.74 from the total cost of the plan of Rp 90,620,898,879.84 with an efficiency of 0.77%. Meamwhile, on alternate shifts obtained of a total cost Rp 89,905,927,558.34 after the acceleration, with the reduction of Rp 714,971,321.41, or 0.79% from the total normal cost. So, in this study showed that the alternate shift works more efficiently than the alternative addition of manpower

Key words : *adding man power, crashing, project acceleration, shift work*

Abstrak

Penilaian keberhasilan proyek dalam mencapai tujuannya dapat ditinjau dari aspek waktu, biaya, dan mutu. Proyek dikatakan berhasil ketika dapat mencapai standar ketiga aspek tersebut sesuai dengan perencanaan awal. Namun pada praktik di lapangan seringkali pelaksanaan proyek tidak sesuai dengan perencanaan. Sehingga terjadi keterlambatan proyek. Para pelaksana proyek biasanya memilih melakukan percepatan proyek sebagai solusi keterlambatan dengan salah satu metodenya yaitu *crashing*. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan percepatan pada proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha, Yogyakarta yang mengalami keterlambatan dengan menggunakan alternatif Penambahan Tenaga Kerja dan *Shift* Kerja. Pada penelitian ini dilakukan percepatan menggunakan metode *crashing* dengan membandingkan alternatif penambahan tenaga kerja dan *shift* kerja. Analisis dilakukan dengan metode deskriptif kuantitatif. Data yang digunakan adalah data primer yang diambil dari proses wawancara dan data sekunder berupa dokumen-dokumen terkait, yaitu RAB, kurva S, volume pekerjaan, daftar satuan upah, dan jumlah pekerja. Hasil perhitungan menunjukkan percepatan menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja dan *shift* kerja dapat mengurangi durasi selama 34 hari atau sebesar 7,76% dari durasi normal yaitu 438 hari. Pada alternatif penambahan tenaga kerja dihasilkan pengurangan biaya sebesar Rp 701.809.654,74 dari total cost rencana sebesar Rp 90.620.898.879,84 dengan efisiensi 0,77%. Sementara itu pada alternatif *shift* kerja diperoleh total cost setelah percepatan sebesar Rp 89.905.927.558,34 dengan pengurangan sebesar Rp 714.971.321,41 atau 0,79 % dari total cost normal. Sehingga pada penelitian ini diperoleh bahwa alternatif *shift* kerja lebih efisien dibanding alternatif penambahan tenaga kerja

Kata kunci : *crashing, penambahan tenaga kerja, percepatan proyek, shift kerja*

PENDAHULUAN

Proyek dikatakan berhasil jika tujuan yang ditetapkan tercapai dan memenuhi standar mutu, waktu dan biaya. Secara garis besar, perencanaan proyek yang terdiri dari penjadwalan, rencana anggaran biaya dan mutu ini berfungsi sebagai dasar utama yang akan mengantarkan suatu proyek kepada keberhasilan. Penjadwalan merupakan salah satu komponen hasil perencanaan dalam hal kinerja sumber daya berupa durasi proyek, biaya, tenaga kerja, material dan peralatan yang dapat memberi informasi tentang jadwal pelaksanaan proyek dan kemajuan proyek. Jadwal

pelaksanaan kerja direncanakan sedemikian rupa agar terlaksana tepat waktu, namun pada praktik di lapangan kerap kali tidak sesuai dengan perencanaan yang ditentukan. Sehingga sering terjadi keterlambatan proyek.

Pihak pelaksana biasanya memilih melakukan percepatan proyek sebagai solusi dari keterlambatan. Beberapa metode banyak digunakan untuk melakukan percepatan proyek, salah satunya metode *crashing*. *Crashing* adalah suatu proses yang disengaja, sistematis dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis (Sebastian, 2015).

Penelitian ini dilakukan dengan analisis metode *crashing* dan menggunakan studi kasus Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha di Yogyakarta. Proyek pembangunan Hotel Grand Keisha dipilih dalam karena mengalami keterlambatan. Proyek ini ditargetkan selesai pada Bulan Januari 2017 dengan waktu pelaksanaan selama 438 hari kerja. Dengan adanya percepatan diharapkan dapat membuat proyek tersebut selesai tepat waktu bahkan lebih cepat daripada perencanaan awal. Upaya percepatan dilakukan menggunakan alternatif penambahan tenaga kerja dan *shift* kerja.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Meli Sefrina (2013) yang berjudul Penerapan Metode *Crashing* pada Penjadwalan Proyek Implementasi *Enterprise Resource Planning (ERP)* oleh PT X (Studi Kasus pada PT Arutmin Indonesia) dilakukan dengan tujuan mengetahui durasi, perkiraan biaya, dan sumber daya yang dibutuhkan dalam proyek tersebut, serta penerapan metode *crashing* dan solusi alternatif optimal yang mempercepat waktu pelaksanaan proyek. Percepatan dilakukan dengan penambahan jam kerja atau penambahan tenaga kerja. Pada penelitian durasi normal proyek adalah 289 hari dengan biaya USD535.000 dan sumber daya manusia sejumlah 39 orang. Pada perhitungan alternatif penambahan jam kerja diperoleh durasi 269 hari dengan biaya setelah dipercepat naik menjadi USD538.306 atau 268 hari dengan biaya USD538.407. Sedangkan pada alternatif penambahan tenaga kerja didapat hasil penyelesaian proyek dalam waktu 258 hari dengan biaya mengalami kenaikan menjadi USD542.560, 260 hari dengan total biaya USD 541.930, atau 266 hari dengan biaya USD 541.300. Dari hasil penelitian tersebut, ditarik kesimpulan bahwa solusi alternatif optimal adalah dengan penambahan tenaga kerja, durasi 266 hari dan total biaya sebesar USD541.300.

Pada penelitian berjudul Analisa Pengaruh Percepatan Durasi pada Biaya Proyek Menggunakan Program Microsoft Project 2013 (Studi kasus : Pembangunan Gereja GMIM Syaloom Karombasan), Fransisko Yeremia melakukan analisa percepatan durasi proyek dengan menambah jumlah pekerja. Dari hasil perhitungan diperoleh durasi maksimum umur proyek setelah dipercepat yaitu 233 hari dengan biaya proyek menjadi Rp 3.857.112.297 dari biaya normal sebesar Rp 3.843.913.131 dengan percepatan durasi 22 hari dan kenaikan biaya sebesar Rp 13.199.166. Namun jika dilihat dari hubungan durasi-biaya untuk biaya total proyek didapat durasi dan biaya yang paling efisien terjadi pada durasi 249 hari dengan kenaikan biaya total proyek menjadi Rp 3.845.740.631.

Pada tahun 2014, Vincensius Palma Ragajiwandana H. P melakukan penelitian tentang percepatan proyek Pembangunan Elizabeth Building RS. Santo Borromeus Paket 1 Bandung. Proyek tersebut dipercepat dengan menggunakan metode *crashing*. Pengoptimasian waktu dan biaya pada jaringan kerja yaitu dengan penambahan jumlah pekerja dan alat berat proyek yang disesuaikan dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB) proyek. Pada proyek tersebut usaha percepatan dilakukan karena proyek merupakan rumah sakit dimana terdapat banyak pasien yang membutuhkan ketenangan dalam perawatan. Durasi normal proyek adalah 364 hari dan setelah diterapkan metode *crashing* diperoleh durasi optimum selama 259 hari, dengan prosentase pemendekan sebesar $\pm 29\%$. Hal ini menyebabkan perubahan biaya dari total cost durasi normal Rp 48.376.983.077,89 berkurang sebesar Rp 310.795.400,00 atau sebesar $\pm 0,64\%$.

Pada penelitian yang dilakukan Sitcha Atat pada tahun 2015 dengan membandingkan penerapan TCTO pada penambahan tenaga kerja sebesar 20% dan *shift* kerja diperoleh kesimpulan bahwa alternatif *shift* kerja memiliki waktu penyelesaian proyek lebih cepat dibanding alternatif penambahan tenaga kerja. Percepatan yang dilakukan menghasilkan penurunan biaya dari biaya total normal.

LANDASAN TEORI

Proyek Konstruksi

Menurut Edi Nugroho (dalam Yuri Widyatmoko, 2008) proyek merupakan sekumpulan kegiatan yang saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya, dengan menggunakan sumber daya dari saat awal kegiatan dimulai sampai dengan pada saat akhir kegiatan untuk memperoleh suatu manfaat tertentu, dimana penggunaan sumberdaya dan manfaatnya dapat diukur.

Karakteristik proyek konstruksi dapat dipandang dalam 3 (tiga) dimensi, yaitu :

- a. Proyek bersifat unik
- b. Membutuhkan sumber daya (*resource*)
- c. Membutuhkan organisasi

Standar keberhasilan pencapaian suatu proyek dapat dilihat dari 3 (tiga) batasan yang sering disebut sebagai tiga kendala (*triple constrain*), yaitu sesuai biaya (anggaran) yang dialokasikan, mutu / spesifikasi yang ditetapkan dan jadwal yang harus dipenuhi. Batasan-batasan tersebut memiliki hubungan tarik-menarik karena saling mempengaruhi. Sebuah proyek dikatakan berhasil jika dapat selesai dengan tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu atau dengan kata lain dapat memenuhi ketiga batasan tersebut. Untuk mencapai hal itu, maka proyek perlu dikelola dengan manajemen baik sehingga dapat terselesaikan sesuai perencanaan awal..

Penjadwalan Proyek

Setiap proyek memiliki batasan waktu dalam penyelesaiannya. Agar proyek dapat berjalan dengan efektif dan terarah dengan waktu yang terbatas maka perlu adanya pengaturan waktu dan jadwal kegiatan-kegiatan yang terlibat di dalamnya. Proses pengaturan waktu dan jadwal dalam proyek sering disebut sebagai proses penjadwalan. Penjadwalan memiliki peran penting dalam penyelenggaraan proyek. Dalam proses ini semua kegiatan diatur dan dirangkai sedemikian rupa dengan urutan-urutan yang berkesinambungan dan disertai keterangan yang jelas mengenai waktu kapan dimulai dan diakhirinya setiap kegiatan.

Network planning

Network planning (jaringan kerja) merupakan hubungan keterkaitan antar kegiatan dalam proyek yang digambarkan dalam bentuk jaringan. Melalui jaringan tersebut kita dapat memperoleh informasi mengenai kegiatan yang harus didahulukan dan sebagai dasar untuk memulai pekerjaan selanjutnya.

Data yang diperlukan dalam menyusun *network planning* (Badri, 1991) :

- a. Urutan pekerjaan yang logis
- b. Taksiran durasi penyelesaian setiap kegiatan
- c. Biaya untuk mempercepat setiap kegiatan
- d. Sumber daya yang diperlukan setiap kegiatan

Precedence Diagram Method (PDM)

Precedence Diagram Method (PDM) adalah jaringan kerja yang disebut juga sebagai *Activity on Node* (AON) karena letak kegiatannya berada di bagian *node*.

Simbol kegiatan pada PDM digambarkan dalam sebuah persegi panjang sebagai berikut :

ES	JENIS	EF
LS	KEGIATAN	LF
NO.	DURASI	

Dimana :

ES : *Earliest Start*

EF : *Earliest Finish*

LS : *Latest Start*

LF : *Latest Finish*

No. Keg : Nomor Kegiatan

Kurva S

Kurva S adalah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm atas dasar pengamatan terhadap sejumlah proyek sejak awal hingga akhir proyek yang menunjukkan hubungan antara prosentase penyelesaian pekerjaan terhadap waktu. Kurva S dapat menunjukkan kemajuan/progress proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek (Abrar Husen, 2011).

Biaya Proyek

Biaya merupakan salah satu aspek dalam kegiatan konstruksi yang mendapat perhatian cukup besar baik dalam masa perencanaan maupun pelaksanaan proyek. Salah satu hasil pada tahap perencanaan proyek adalah dokumen Rencana Anggaran Biaya. Rencana Anggaran Biaya (RAB) berisi detail rincian rencana pengeluaran biaya tiap kegiatan yang kemudian menjadi dasar pengendalian biaya dalam pelaksanaan proyek.

Menurut Badri dalam bukunya, terdapat 3 (tiga) macam biaya proyek, yaitu:

- a. Biaya Langsung (*Direct Cost*)
Biaya langsung adalah biaya yang diperlukan secara langsung untuk memperoleh sumberdaya untuk penyelesaian proyek. Unsur-unsur yang termasuk dalam biaya langsung adalah biaya upah, biaya material, biaya peralatan, dan biaya sub-kontraktor.
- b. Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)
Biaya tidak langsung adalah biaya pengeluaran di luar biaya konstruksi, yang berhubungan dengan pengawasan dan pengarahannya. Besar biaya ini dipengaruhi oleh durasi penyelesaian proyek. Pengeluaran yang termasuk biaya tidak langsung adalah sewa gedung, gaji pegawai, pajak, asuransi, rekening listrik dan air, dan lain-lain.
- c. Biaya Kesempatan yang Hilang (*Opportunity Cost*)
Biaya kesempatan yang hilang yaitu keuntungan potensial yang hilang bila proyek mundur penyelesaiannya. Keuntungan tersebut akan diperoleh jika penyelesaian proyek lebih cepat. Biaya-biaya ini akan naik seiring dengan mundurnya waktu penyelesaian proyek.

Percepatan Proyek

Percepatan proyek merupakan upaya yang dilakukan untuk mengurangi atau mempercepat penyelesaian proyek. Upaya percepatan proyek akan berdampak pada perubahan waktu penyelesaian proyek dan biaya yang dibutuhkan. Alasan mengapa perlu diadakan percepatan proyek adalah terjadinya keterlambatan dan atau proyek tersebut harus segera diselesaikan sesuai kontrak yang telah disepakati. Berikut cara-cara untuk mempercepat proyek, yaitu :

- a. Menambah jam kerja (lembur)
- b. Menambah jumlah pekerja
- c. Menggunakan *shift*
- d. Menggunakan peralatan yang lebih produktif
- e. Menggunakan material yang lebih cepat pemasangannya
- f. Menggunakan metode konstruksi lain yang lebih cepat

Penambahan Tenaga Kerja

Penambahan jumlah tenaga kerja akan mempengaruhi efisiensi proyek jika direncanakan dengan realistis dan memperhatikan beberapa faktor, yaitu daya tampung lokasi pekerjaan, kemudahan dan keleluasaan untuk melakukan pekerjaan, pengawasan terhadap tenaga kerja, dan keamanan kerja. Produktivitas penambahan tenaga kerja dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Produktivitas } \textit{crashing} = (\text{Prod.harian normal} \times \text{Jumlah pekerja percepatan}) / (\text{Jumlah pekerja normal})$$

Penelitian ini menggunakan asumsi penambahan tenaga kerja sebesar 25% dari jumlah tenaga kerja normal dengan pertimbangan luas lokasi proyek yang dikerjakan.

Shift Kerja

Pemakaian *shift* kerja diharapkan menambah produktivitas proyek sebab jumlah jam kerja yang bertambah dengan tenaga kerja yang berbeda. Jumlah *shift* ditentukan berdasarkan perjanjian pelaksana dengan pemilik proyek serta dengan memperhatikan lingkungan sekitar proyek. Produktivitas yang terjadi akibat pemakaian *shift* kerja dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Produktivitas } \textit{crashing} = \text{Prod. Harian normal} \times \text{jumlah } \textit{shift}$$

Penelitian ini menggunakan dua *shift* kerja dengan waktu kerja tiap *shift* maksimal 8 jam/hari termasuk jam istirahat. Selain itu, jam kerja akumulatif tiap *shift* tidak boleh lebih dari 40 jam/minggu, hal tersebut diatur dalam UU No 13 Tahun 2003 Tentang Ketengakerjaan.

Metode *Crashing*

Crashing adalah proses mereduksi waktu penyelesaian proyek dengan disengaja, sistematis dan analitik melalui pengujian dari semua kegiatan dalam proyek namun difokuskan pada kegiatan yang berada di jalur kritis. Maka lintasan kritis pada *network planning* harus sudah diketahui sebelum melakukan *crashing*, karena lintasan kritis menjadi penentu dalam mempercepat durasi.

Berikut prosedur metode *crashing* yang diungkapkan Imam Soeharto (dalam Musabiq, 2015) meliputi :

1. Membuat *network planning* rangkaian kegiatan
2. Menghitung durasi penyelesaian proyek dan identifikasi PDM
3. Menentukan biaya normal masing-masing kegiatan
4. Menentukan biaya percepatan masing-masing kegiatan
5. Menentukan *cost slope* masing-masing kegiatan dengan rumus:

$$Cost\ slope = (crash\ cost - normal\ cost) / (normal\ duration - crash\ duration)$$
6. Mempersingkat durasi kegiatan yang dimulai dari jalur kegiatan kritis dengan *cost slope* terendah
7. Jika terbentuk jalur kritis baru selama proses percepatan, maka mempercepat kegiatan-kegiatan kritis yang memiliki kombinasi *slope* terendah
8. Meneruskan pereduksian waktu kegiatan sampai titik TPD (Titik Proyek Dipersingkat) atau sampai tidak ada lagi jalur yang kritis
9. Menggambarkan hubungan antara titik normal (biaya dan waktu normal) dan TPD dalam bentuk grafik
10. Menghitung dan menjumlah biaya langsung dan tak langsung untuk mencari biaya total sebelum pereduksian waktu
11. Memeriksa durasi penyelesaian proyek dengan biaya terendah pada grafik biaya total yang telah digambar
12. Membandingkan biaya normal dan biaya percepatan dengan prosentase

METODOLOGI PENELITIAN

Data yang diperlukan pada penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Untuk mendapatkan data primer berupa kondisi lapangan, permasalahan di lapangan, dan kendala pelaksanaan proyek dilakukan dengan metode wawancara. Pada penelitian ini data sekunder yang diperlukan berupa dokumen proyek yaitu kurva S, RAB, volume pekerjaan, daftar satuan upah, dan jumlah pekerja.

Setelah data yang diperlukan terkumpul, selanjutnya dilakukan proses *crashing*. Proses percepatan pada penelitian ini dilakukan dengan penekanan durasi kegiatan pada lintasan kritis dengan perlakuan tambahan yaitu penambahan tenaga kerja dan *shift* kerja. Setelah mengetahui kegiatan-kegiatan yang berada pada lintasan kritis, maka selanjutnya menghitung *cost slope*. *Crashing* dilakukan pada kegiatan dengan *cost slope* terendah. Proses *crashing* diulang beberapa kali hingga mencapai titik jenuh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penyusunan *network planning* Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha dalam batasan untuk pekerjaan-pekerjaan yang dimulai setelah bulan April 2016 diperoleh lintasan kritis pada pekerjaan Jalan dan Parkiran (E1), Saluran Air Hujan (E3), Sumur Resapan dan Bak Kontrol (E5). Maka untuk selanjutnya proses *crashing* difokuskan pada ketiga kegiatan tersebut.

Crashing dengan Penambahan Tenaga Kerja

Berikut contoh perhitungan untuk kegiatan Jalan dan Parkiran (E1) :

- a. Penambahan Tenaga Kerja

Tabel 1 Penambahan Tenaga Kerja untuk kegiatan E1

Tenaga Kerja	Normal (orang)	Penambahan 25% (orang)
Pekerja/tenaga	6	2
Tukang batu	3	1
Tukang gali urug	4	1
Kepala tukang	1	0
Mandor	1	0
Total	15	4

- b. Produktivitas

$$\text{Produktivitas normal (Pn)} = \text{volume/durasi} = 836,17/210 = 3,98$$

$$\text{Produktivitas } \textit{crashing} = Pn \times (\text{total pekerja normal} + \text{total penambahan 25\%}) / (\text{total pekerja normal})$$

$$= 3,98 \times (15+4)/15=5,04$$

c. *Crash duration*
 $crash\ duration\ (cd) = volume / (produktivitas\ crashing) = 836,17 / 5,04 = 166\ hari$

d. *Crash cost*
Total Penambahan upah :
 Pekerja/tenaga = 2 x Rp 47.500 = Rp 95.000
 Tukang batu = 1 x Rp 55.000 = Rp 55.000
 Tukang gali urug = 1 x Rp 47.500 = Rp 47.500 +
 = Rp 197.500
 $Crash\ cost = normal\ cost + (total\ penambahan\ upah \times cd)$
 $= Rp\ 660.844.115,09 + (Rp\ 197.500 \times 166)$
 $= Rp\ 693.629.115,09$

e. *Cost slope*
 $cost\ slope = (crash\ cost - normal\ cost) / (normal\ duration - crash\ duration) = Rp\ 745.113,64$

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

Tabel 2 Rekapitulasi perhitungan *cost slope* pada alternatif penambahan tenaga kerja

No.	Normal		Crash		Cost slope
	durasi	cost	durasi	cost	
E3	21	214.258.824,00	17	216.808.824,00	637.500,00
E5	21	100.962.001,00	17	103.512.001,00	637.500,00
E1	210	660.844.115,09	166	693.629.115,09	745.113,64
D4	109	4.161.553.340,00	90	4.175.053.340,00	710.526,32
D6	34	158.317.341,20	28	161.327.341,20	501.666,67

Berdasarkan perhitungan *cost slope* pada lintasan kritis yang pertama (E1-E3-E5) diperoleh *cost slope* terendah pada pekerjaan E3, maka *crashing* dilakukan pada pekerjaan tersebut. Setelah proses *crashing* pada E3, diperoleh lintasan kritis yang tetap yaitu E1-E3-E5. Proses *crashing* kedua dilakukan pada pekerjaan E5 dan tetap menghasilkan lintasan kritis pada pekerjaan E1-E3-E5. Setelah itu, *crashing* ketiga dilakukan pada pekerjaan E1 yang kemudian menghasilkan lintasan kritis baru pada pekerjaan D4. Maka *crashing* keempat dilakukan pada pekerjaan tersebut dan menghasilkan lintasan kritis pada pekerjaan D6. *Crashing* dilanjutkan pada pekerjaan D6, kemudian muncul lintasan kritis baru pada pekerjaan F8 (elevator). Proses *crashing* dihentikan karena pekerjaan elevator tidak dapat dipercepat, sehingga dianggap sudah mencapai titik jenuh.

Crashing dengan Shift Kerja

Berikut contoh perhitungan untuk kegiatan E1 :

a. Produktivitas
 $Produktivitas\ normal\ (P_n) = \frac{volume}{durasi} = \frac{836,17}{210} = 3,98$
 $Produktivitas\ crashing = P_n \times 2 = 3,98 \times 2 = 7,96$

b. *Crash duration*
 $crash\ duration\ (cd) = \frac{volume}{produktivitas\ crashing} = \frac{836,17}{7,96} = 105$

c. *Crash cost*
Total Penambahan upah
shift 1
 Pekerja/tenaga = 6 x Rp 47.500 = Rp 285.000
 Tukang batu = 3 x Rp 55.000 = Rp 165.000

Tukang gali urug	=	4 x Rp 47.500	= Rp 190.000
Kepala Tukang	=	1 x Rp 65.000	= Rp 65.000
Mandor	=	1 x Rp 70.000	= Rp 70.000 +
			= Rp 775.000

shift 2

Pekerja/tenaga	=	6 x Rp 47.500	= Rp 285.000
Tukang batu	=	3 x Rp 55.000	= Rp 165.000
Tukang gali urug	=	4 x Rp 47.500	= Rp 190.000
Kepala Tukang	=	1 x Rp 65.000	= Rp 65.000
Mandor	=	1 x Rp 70.000	= Rp 70.000 +
			= Rp 775.000

$$\begin{aligned} \text{Crash cost} &= \text{normal cost} + (\text{total penambahan upah} \times \text{cd}) \\ &= \text{Rp } 660.844.115,09 + (\text{Rp } 1.550.000,00 \times 105) \\ &= \text{Rp } 823.594.115,09 \end{aligned}$$

d. *Cost slope*

$$\text{Cost slope} = (\text{crash cost} - \text{normal cost}) / (\text{normal duration} - \text{crash duration}) = \text{Rp } 1.550.000,00$$

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

Tabel 3 Rekapitulasi perhitungan *cost slope* pada alternatif *shift* kerja

No.	Normal		Crash		<i>Cost slope</i>
	durasi	cost	durasi	cost	
E5	21	100.962.001,00	11	112.622.001,00	1.166.000,00
E3	21	214.258.824,00	11	226.963.824,00	1.270.500,00
E2	28	384.210.780,58	14	397.020.780,58	915.000,00
E1	210	660.844.115,09	105	823.594.115,09	1.550.000,00

Proses *crashing* pada alternatif *shift* kerja dilakukan sebanyak empat kali. Proses *crashing* pertama dilakukan pada pekerjaan E5 karena memiliki *cost slope* terendah di antara pekerjaan lain pada lintasan kritis (E1-E3-E5). Pada proses *crashing* pertama menghasilkan lintasan kritis tetap (E1-E3-E5), maka selanjutnya dilakukan *crashing* pada *cost slope* terendah berikutnya yaitu pekerjaan E3. Proses *crashing* kedua pada pekerjaan E3 menghasilkan lintasan kritis baru yaitu E1-E2, setelah perhitungan *cost slope* maka diperoleh pekerjaan E2 memiliki *cost slope* terendah. Maka pada proses *crashing* ketiga, pekerjaan yang dipercepat adalah pekerjaan E2 dan hasilnya terbentuk lintasan kritis pada E1-E3-E5. Selanjutnya proses *crashing* dilakukan pada kegiatan E1 dan hasilnya sama dengan alternatif penambahan tenaga kerja yaitu muncul lintasan kritis baru pada pekerjaan F8 (elevator). Sehingga proses *crashing* dihentikan.

Analisis Biaya

Setelah proses *crashing* mencapai kondisi jenuh dan tidak dapat dipercepat lagi maka selanjutnya menghitung biaya total dari biaya langsung dan tidak langsung. Berikut perhitungan biaya dengan alternatif penambahan tenaga kerja :

Kondisi normal

Durasi normal	=	438 hari
Biaya langsung	=	Rp 80.911.516.856,92
Biaya tidak langsung	=	2% biaya total proyek + PPN 10% dari biaya total proyek
	=	Rp 1.618.230.337,14 + Rp 8.091.151.685,69
	=	Rp 9.709.382.022,83
Biaya tidak langsung/hari	=	Rp 22.167.538,86/hari

Total cost	=	biaya langsung + biaya tidak langsung
	=	Rp 80.911.516.856,92 + Rp 9.709.382.022,83
	=	Rp 90.620.898.879,75

Kondisi setelah percepatan

Crashing pada pekerjaan jalan dan parkir
 Total durasi baru = 434 hari
Cost slope = Rp 637.500,00
 Biaya langsung = biaya langsung normal + *cost slope*
 = Rp 80.911.516.856,92 + Rp 637.500,00
 = Rp 80.912.154.356,92
 Biaya tidak langsung = (biaya tidak langsung normal : durasi normal) x durasi baru
 = (Rp 9.709.382.022,83 : 438) x 434
 = Rp 9.620.711.867,37
 Total *cost* = biaya langsung + biaya tidak langsung
 = Rp 80.912.154.356,92 + Rp 9.620.711.867,37
 = Rp 90.532.866.224,39

Untuk hasil perhitungan biaya selanjutnya disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 4 Biaya Total pada Alternatif Penambahan Tenaga Kerja

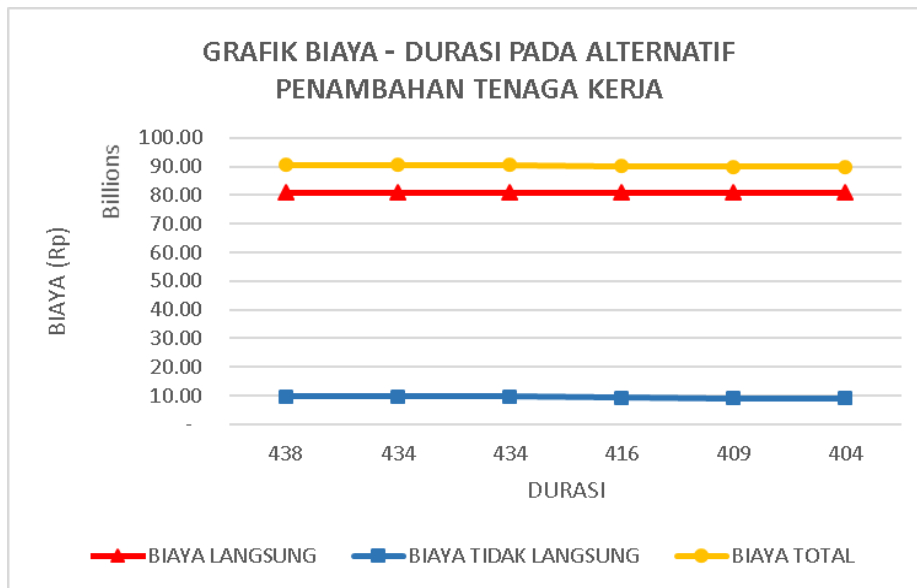
Kegiatan	Durasi	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung	Biaya Total
E3	434	Rp 80.912.154.356,92	Rp 9.620.711.867,37	Rp 90.532.866.224,29
E5	434	Rp 80.914.704.356,92	Rp 9.620.711.867,37	Rp 90.535.416.224,29
E1	416	Rp 80.917.361.970,55	Rp 9.221.696.167,80	Rp 90.139.058.138,35
D4	409	Rp 80.950.112.383,23	Rp 9.066.523.395,75	Rp 90.016.635.778,98
D6	404	Rp 80.963.403.523,58	Rp 8.955.685.701,42	Rp 89.919.089.225,00

Tabel 5 Biaya Total pada Alternatif *Shift*

Kegiatan	Durasi	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung	Biaya Total
E5	438	Rp 80.912.682.856,92	Rp 9.709.382.022,83	Rp 90.622.064.879,75
E3	431	Rp 80.924.447.356,92	Rp 9.554.209.250,78	Rp 90.478.656.607,69
E2	428	Rp 80.936.796.856,92	Rp 9.487.706.634,18	Rp 90.424.503.491,10
E1	404	Rp 80.950.241.856,92	Rp 8.955.685.701,42	Rp 89.905.927.558,34

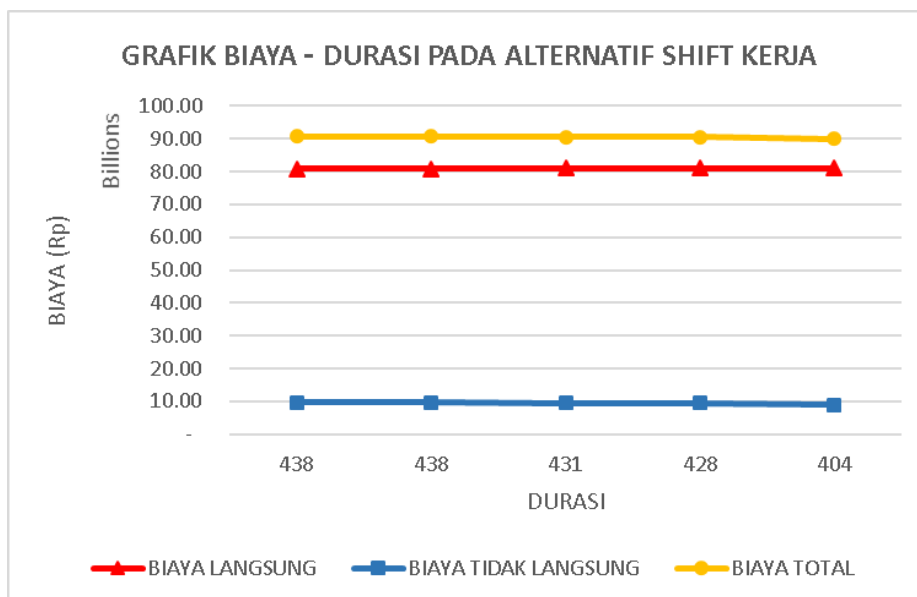
Dari hasil perhitungan biaya yang ditampilkan pada tabel di atas dapat dilihat bahwa proses *crashing* yang dilakukan menghasilkan kenaikan pada biaya langsung dan penurunan pada biaya tidak langsung. Perbandingan kenaikan biaya langsung dengan penurunan biaya normal menunjukkan bahwa penurunan biaya tidak langsung lebih besar daripada kenaikan biaya langsung. Sehingga biaya total proyek setelah proses *crashing* mengalami penurunan dari biaya total normal.

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



Gambar 1 Grafik hubungan biaya dan waktu proyek setelah dipercepat pada alternatif penambahan tenaga kerja

Dari grafik hubungan biaya dan waktu proyek setelah dipercepat pada alternatif penambahan tenaga kerja di atas terjadi kenaikan biaya langsung dan penurunan biaya tidak langsung. Kenaikan biaya langsung lebih kecil dibanding penurunan biaya tidak langsung, sehingga biaya total setelah dipercepat mengalami penurunan.



Gambar 2 Grafik hubungan biaya dan waktu proyek setelah dipercepat pada alternatif *shift*

Grafik hubungan biaya dan waktu proyek setelah dipercepat pada alternatif *shift* di atas menampilkan terjadinya kenaikan pada biaya langsung yang lebih kecil dibandingkan dengan penurunan dari biaya tidak langsung, sehingga biaya total setelah dipercepat mengalami penurunan.

KESIMPULAN

1. Setelah dilakukan *crashing* dengan alternatif penambahan tenaga kerja diperoleh durasi proyek menjadi 404 hari dengan biaya sebesar Rp 89.919.089.225,00. Untuk alternatif *shift* kerja diperoleh durasi setelah *crashing* selama 404 hari dengan biaya sebesar Rp 89.905.927.558,34.
2. Dari perhitungan diperoleh perbandingan durasi dengan efisiensi waktu selama 34 hari atau 7,76 % pada kedua alternatif. Efisiensi biaya sebesar Rp 701.809.654,74 atau 0,77% pada alternatif penambahan tenaga kerja dan efisiensi biaya sebesar Rp 714.971.321,41 atau 0,79 % pada alternatif *shift* kerja.

SARAN

1. Kegiatan pada jalur kritis perlu diberi perhatian dan pengawasan khusus untuk mengurangi risiko keterlambatan suatu proyek.
2. Untuk penelitian selanjutnya pemilihan alternatif percepatan proyek sebaiknya disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan sumber daya yang ada.
3. Dalam penentuan alternatif percepatan proyek yang paling efektif dapat dikombinasikan dengan faktor lain selain faktor biaya dan durasi.
4. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dapat merekonstruksi *network planning* sehingga dihasilkan waktu yang semakin optimal

UCAPAN TERIMAKASIH

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

REFERENSI

- Badri, Sofwan. 1991. *Dasar-dasar Network planning*. Jakarta : PT Rineka Cipta.
- Chabibah, Sitcha A N. 2015. *Penerapan Time Cost Trade Off dalam Optimalisasi Biaya dan Waktu terhadap Perbandingan Penambahan Tenaga Kerja dan Shift Kerja (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Kelurahan Ketelan Surakarta)*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Ervianto, Wulfram. 2001. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta : ANDI.
- Husen, Abrar. 2011. *Manajemen Proyek*. Yogyakarta : ANDI.
- Putra, Vincensius P R H. 2014. *Penerapan Metode Crashing Proyek Pembangunan Elizabeth Building RS. Santo Borromeus Paket 1 Bandung*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Sefrina, Meli. 2013. *Penerapan Metode Crashing pada Penjadwalan Proyek Implementasi Enterprise Resource Planning (ERP) oleh PT X (Studi Kasus pada PT Arutmin Indonesia)*. Jakarta : Universitas Bakrie.
- Ulya, Wildan Musabiq. 2015. *Percepatan Waktu Proyek Konstruksi dengan Metode Cut and Crashing (Proyek Pembangunan Lanjutan Gedung Ma'had Putera/Puteri Stain Jember)*. Jember : Universitas Jember.
- Wohon, Fransisko Y, Robert, & Pingkan. 2015. *Analisa Pengaruh Percepatan Durasi Pada Biaya Proyek Menggunakan Program Microsoft Project 2013 (Studi Kasus : Pembangunan Gereja Gmim Syaloom Karombasan)*. Manado : Universitas Sam Ratulangi.