

# Analisis Percepatan Waktu dan Biaya pada Pembangunan Proyek Apartemen *Kyo Society* Surabaya dengan Metode *Time Cost Trade Off*

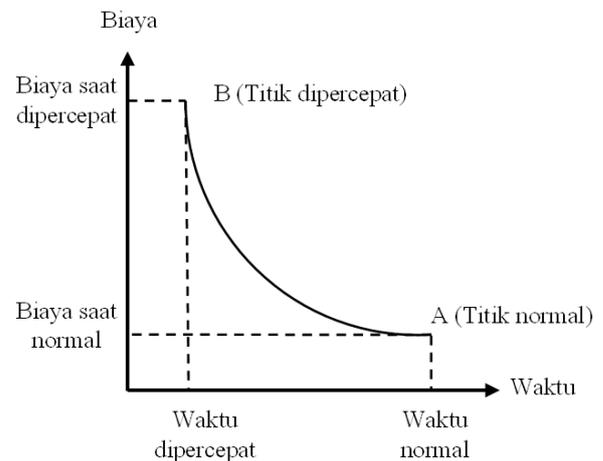
Kharisma Keysia Paramitha dan Dimas Pustaka Dibiantara  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
e-mail: dpdibiantara@its.ac.id

**Abstrak**—Pelaksanaan proyek konstruksi berkaitan erat dengan waktu dan biaya dikarenakan suatu proyek konstruksi dibatasi oleh waktu dan biaya yang telah disepakati pada kontrak. Apartemen *Kyo Society* merupakan hunian modern berkonsep Jepang pertama di Surabaya. Apartemen ini dipilih untuk studi kasus dikarenakan mengalami keterlambatan progress pekerjaan dari awal rencana selama 29 hari karena adanya perbaikan pekerjaan borepile oleh subkontraktor. Oleh karena itu, diperlukan adanya pengendalian proyek yang efisien untuk mendapatkan waktu dan biaya proyek yang optimal tanpa mengurangi mutu proyek sehingga seluruh pihak tidak mengalami kerugian. Penelitian ini bertujuan mengatasi keterlambatan tersebut dengan melakukan analisis percepatan menggunakan salah satu metode percepatan yaitu *Time Cost Trade Off* (TCTO). Metode ini merupakan metode analisis pekerjaan konstruksi dengan berubahnya durasi penyelesaian proyek sehingga biaya yang dikeluarkan juga berubah. Metode ini dilakukan untuk mempercepat penyelesaian pekerjaan konstruksi dengan biaya tambahan yang rendah. Alternatif yang digunakan dalam analisis ini yaitu penambahan tenaga kerja, *shift* kerja, dan alat kerja yang nantinya akan dibandingkan untuk mengetahui alternatif yang paling efisien yang dapat diterapkan pada pembangunan proyek ini. Setelah dilakukan analisis percepatan dengan durasi awal yaitu 98 hari, dengan penambahan tenaga kerja, dapat mempercepat 29 hari menjadi 69 hari dengan biaya total Rp 18.938.510.639.16 yaitu lebih murah Rp 234.874.722.22 dari biaya normal. Penambahan *shift* kerja dapat mempercepat selama 32 hari menjadi 66 hari dengan biaya total Rp 18.988.980.044.93 lebih murah Rp 184.405.316.46 dari biaya normal. Sedangkan percepatan dengan penambahan alat kerja tidak disarankan dikarenakan pekerjaan yang overlapping sehingga menambah durasi pekerjaan selama 14 hari menjadi 114 hari dengan biaya total setelah percepatan adalah Rp 19.370.277.665.87 yaitu lebih mahal Rp 196.892.304.48 dari biaya normal. Dikarenakan penambahan tenaga kerja sudah dapat mengatasi keterlambatan selama 29 hari dan memiliki biaya total paling murah maka alternatif percepatan paling efisien yang dapat digunakan adalah penambahan tenaga kerja.

**Kata Kunci**—Durasi, Biaya, *Time Cost Trade Off*, Tenaga Kerja, Shift Kerja, Alat Kerja.

## I. PENDAHULUAN

PELAKSANAAN proyek konstruksi erat kaitannya dengan waktu dan biaya. Dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi pasti dibatasi oleh waktu yang telah disepakati dan memerlukan biaya yang efektif dan optimal. Untuk mendapatkan waktu dan biaya yang optimal, maka diperlukan pembuatan jaringan kerja proyek, menghitung durasi proyek, anggaran biaya, dan jumlah sumber daya yang diperlukan [1]. Namun, pada pelaksanaan proyek konstruksi terdapat beberapa penyebab terjadinya keterlambatan progres pelaksanaan, seperti kendala teknis di lapangan, pengaruh cuaca, perubahan desain, dan terdapat kerusakan struktur



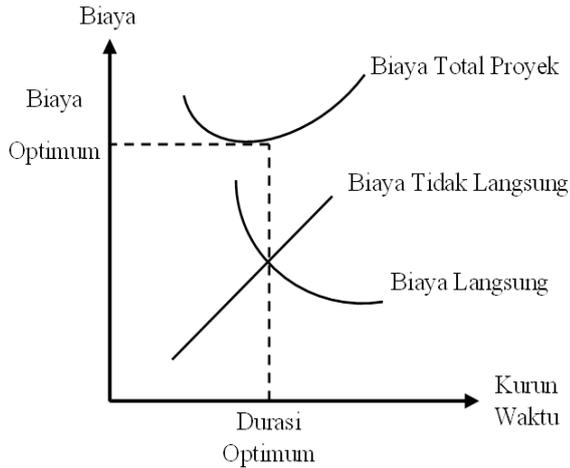
Gambar 1. Grafik hubungan waktu dan biaya normal dan dipercepat untuk suatu pekerjaan.

yang perlu dilakukan perbaikan [2].

Pembahasan pada penelitian ini mengenai analisis waktu dan biaya pada percepatan pembangunan proyek Apartemen *Kyo Society* Surabaya pada Pekerjaan Lantai P3 (Parkir) hingga O9 (Hunian) dengan jumlah 11 lantai. Hal ini dikarenakan terjadi keterlambatan progres pekerjaan dengan deviasi sebesar 2.485% pada bulan Oktober 2021 dan 3.485% pada bulan November 2021. Berdasarkan deviasi 3.485% pada bulan November didapatkan bahwa pelaksanaan proyek mengalami keterlambatan selama 29 hari. Analisis percepatan dilakukan untuk menghindari kerugian dari pelaksana maupun *owner* akibat keterlambatan penyelesaian proyek. Metode yang digunakan dalam analisis percepatan ini menggunakan metode *Time Cost Trade Off* dengan cara *crashing*. Metode ini digunakan agar dapat mempersingkat waktu penyelesaiannya proyek dengan biaya yang dikeluarkan seminimal mungkin. Pengendalian biaya dalam hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya biaya langsung (*direct cost*). Biaya langsung terdiri dari biaya material, upah tenaga kerja, dan peralatan [2].

Pada penelitian sebelumnya, analisis percepatan dilakukan dengan beberapa alternatif seperti penambahan tenaga kerja, jam kerja atau lembur, penambahan *shift* kerja, dan penambahan alat kerja. Skenario percepatan yang dilakukan yaitu membandingkan alternatif yang digunakan atau mengkombinasikan alternatif tersebut.

Pada penelitian ini alternatif percepatan yang digunakan adalah mempertimbangkan antara penambahan tenaga kerja, penambahan *shift* kerja, dan penambahan kapasitas alat kerja. Ketiga alternatif tersebut nantinya akan dibandingkan untuk mengetahui alternatif yang paling efisien yang dapat diterapkan pada pembangunan proyek ini.

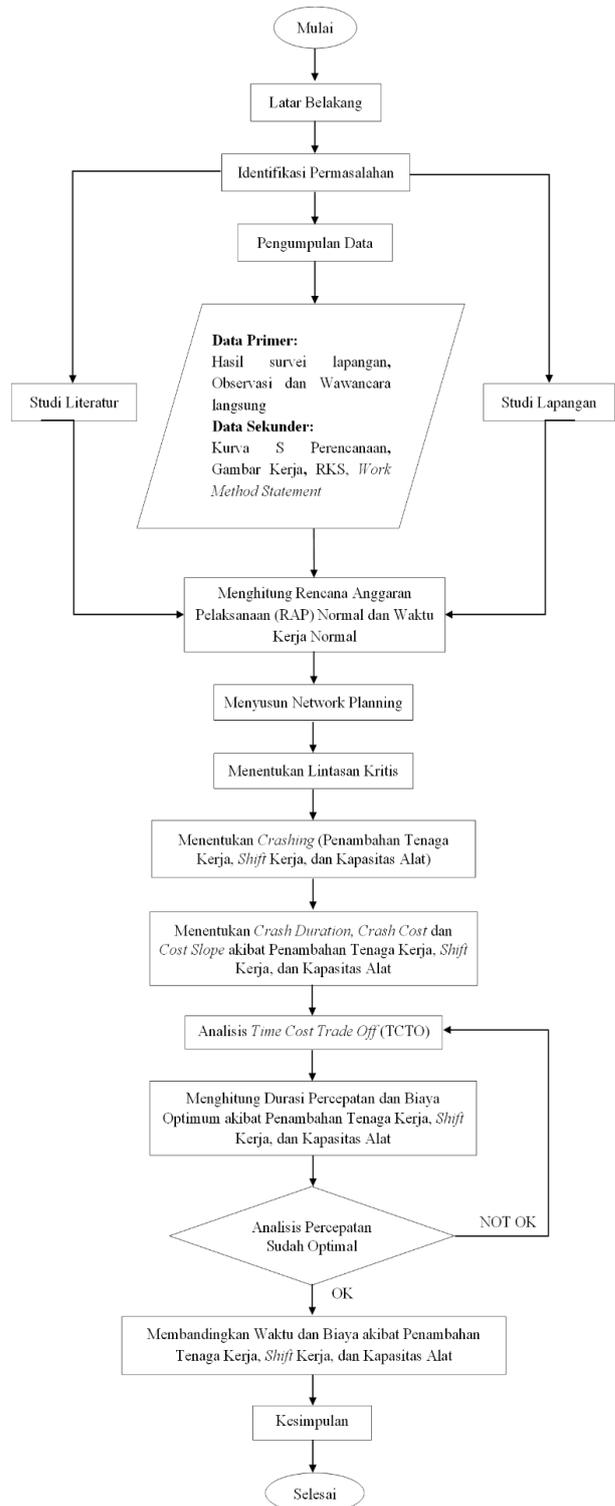


Gambar 2. Grafik hubungan waktu, biaya langsung, dan biaya tidak langsung.

Metode Pertukaran Waktu dan Biaya atau *Time Cost Trade Off* adalah metode analisis pekerjaan konstruksi dengan berubahnya durasi penyelesaian proyek sehingga biaya yang dikeluarkan juga berubah. Metode ini dilakukan untuk percepatan penyelesaian proyek dengan biaya yang rendah. Ketika durasi pelaksanaan proyek dipercepat, biaya langsung proyek akan meningkat tetapi biaya tidak langsung proyek akan berkurang [2]. Hal ini dikarenakan biaya langsung mencakup upah tenaga kerja, bahan material, dan operasional alat yang akan meningkat apabila adanya penambahan, sedangkan biaya tidak langsung terdiri dari gaji manajemen, operasional kantor, dan lainnya berkaitan dengan durasi penyelesaian proyek sehingga apabila proyek semakin cepat maka biaya yang dikeluarkan akan berkurang. Dalam melakukan percepatan atau kompresi dilakukan pada pekerjaan yang berada di lintasan kritis. Kompresi dilakukan hingga pekerjaan tidak dapat dikompresi lagi. Hal tersebut menandakan bahwa pengendalian biaya telah optimum.

*Crashing* atau percepatan proyek adalah berkurangnya durasi pekerjaan yang mempengaruhi waktu penyelesaian proyek. *Crashing* dilakukan dengan menguji semua pekerjaan pelaksanaan proyek yang difokuskan pada pekerjaan atau aktivitas yang berada di lintasan kritis [2]. Alternatif yang digunakan analisis percepatan pada penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) Penambahan jumlah tenaga kerja adalah penambahan tenaga kerja pada pekerjaan tertentu sehingga dapat mempercepat suatu pekerjaan tanpa adanya penambahan waktu kerja. (2) Penambahan *shift* kerja yaitu menambahkan waktu kerja di luar dari waktu kerja normal dengan pekerja yang berbeda sehingga dapat mempercepat suatu pekerjaan tanpa mengurangi produktivitas dari tenaga kerja tersebut. (3) Penambahan alat kerja digunakan untuk menambahkan produktivitas pekerjaan. Alat yang akan digunakan harus memiliki Surat Izin Alat (SIA) dan dalam kondisi yang layak digunakan.

Produktivitas adalah perbandingan antara tingkat kemampuan yang dihasilkan dalam menyelesaikan suatu pekerjaan dengan tenaga kerja, peralatan dan material yang digunakan [3]. Perhitungan produktivitas dalam dirumuskan sebagai berikut [4]:



Gambar 3. Bagan alir.

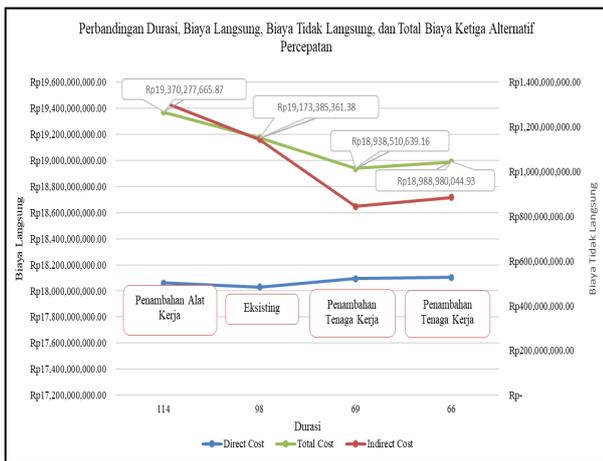
$$Prod/hari = \frac{Volume}{Durasi Normal}$$

$$Prod. Penambahan Pekerja = \frac{(Prod/hari Normal \times Jumlah Pekerja)}{Jumlah Pekerja Normal}$$

$$Prod. Penambahan Shift = Prod. Normal \times Shift$$

$$Prod. Kapasitas = Prod. Normal + Prod. Alat$$

Terdapat beberapa istilah untuk menganalisis hubungan waktu dan biaya proyek konstruksi yaitu sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik perbandingan durasi, biaya langsung, biaya tidak langsung, dan total biaya ketiga alternatif percepatan.

A. Durasi Normal (Normal Duration)

Durasi normal adalah durasi dalam penyelesaian proyek konstruksi dari awal hingga selesai sesuai dengan perencanaan awal atau sebelum adanya percepatan.

B. Durasi Percepatan (Crash Duration)

Durasi percepatan adalah durasi tersingkat dalam penyelesaian proyek konstruksi setelah adanya percepatan sehingga terdapat perubahan pada produktivitas kerja.

$$Crash\ Duration = \frac{Volume}{Prod/hari\ sesudah\ percepatan}$$

C. Biaya Normal (Normal Cost)

Biaya normal adalah biaya yang dikeluarkan dalam penyelesaian proyek konstruksi dengan durasi normal.

1) Biaya Normal Tenaga Kerja Perjam

$$\frac{Biaya}{jam} = Upah\ satuan\ pekerjaan\ prod./jam$$

2) Biaya Normal Tenaga Kerja Perhari

$$Biaya\ per\ hari = Jam\ kerja \times biaya\ perjam$$

3) Biaya Normal Total

$$Biaya\ normal\ total = Waktu\ normal\ total \times biaya\ normal/hari$$

D. Biaya Percepatan (Crash Cost)

Biaya percepatan adalah biaya yang dikeluarkan dalam penyelesaian proyek konstruksi setelah adanya percepatan. Berikut adalah perhitungan biaya percepatan berdasarkan masing-masing alternatif.

1) Percepatan dengan Penambahan Tenaga Kerja

$$Crash\ cost = Normal\ cost + (upah\ tambahan \times crash\ duration)$$

2) Percepatan dengan Penambahan Shift Kerja

$$Crash\ cost = Normal\ cost + ((upah\ tshift\ tambahan + biaya\ tambahan\ lainnya)$$

3) Percepatan dengan Penambahan Alat Kerja

$$Crash\ cost = normal\ cost + ((biaya\ tambahan\ alat + biaya\ tambahan\ lainnya) \times crash\ duration)$$

E. Perbandingan Biaya dan Waktu Percepatan (Cost Slope)

Cost slope adalah perbandingan bertambahnya biaya proyek dengan selisih waktu penyelesaian proyek sebelum dengan sesudah proyek dipercepat (Gambar 1) [5].

$$Cost\ Slope = \frac{(crash\ cost - normal\ cost)}{(durasi\ normal - durasi\ crash)}$$

Pada Gambar 1 diketahui grafik hubungan waktu dan biaya sebelum dan sesudah dilakukan percepatan. Titik A menunjukkan kondisi sebelum dipercepat (normal), sedangkan titik B menunjukkan kondisi setelah dipercepat. Garis lengkung yang menghubungkan titik A dan B adalah kurva waktu biaya. Dapat dilihat dengan adanya percepatan pelaksanaan proyek konstruksi mempengaruhi biaya yang dikeluarkan (Gambar 2).

II. URAIAN PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Berikut adalah tahapan pelaksanaan penelitian ini: (1) Tahap 1: Persiapan, dilakukan identifikasi permasalahan dan studi lapangan untuk mengidentifikasi masalah yang akan digunakan pada penelitian ini dan melakukan studi literatur untuk memperdalam ilmu dan mendukung penyelesaian penelitian. (2) Tahap 2: Pengumpulan dan Pengolahan Data. Pada tahap ini, data yang sudah diperoleh diolah yang selanjutnya akan dilakukan analisis. (3) Tahap 3: Analisis Percepatan. Analisis percepatan dilakukan dengan metode Time Cost Trade Off. (4) Tahap 4 : Kesimpulan, setelah dilakukan analisis percepatan, hasil analisis dapat disimpulkan sesuai dengan tujuan penelitian.

B. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data terkait dengan penelitian sangat diperlukan untuk menentukan item pekerjaan, anggaran biaya, durasi kerja, dan jumlah tenaga kerja. Data yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu: (1) Kurva S, (2) Gambar Kerja, (3) Rencana Kerja dan Syarat (RKS), (4) Work Method Statement (WBS).

Berdasarkan data tersebut dilakukan pengolahan data untuk menghitung biaya dan durasi normal, penyusunan network planning untuk mengetahui pekerjaan pada lintasan kritis, dan perhitungan crash duration, crash cost, dan cost slope masing-masing alternatif pada analisis percepatan.

C. Analisis Data

Hasil perhitungan crash duration, crash cost, dan cost slope digunakan untuk analisis percepatan dengan metode Time Cost Trade Off. Analisis dilakukan hingga mendapat durasi dan biaya percepatan optimum pada masing-masing alternatif percepatan. Apabila belum didapatkan durasi dan biaya optimum maka dilakukan kompresi kembali pada pekerjaan di lintasan kritis hingga pekerjaan tersebut tidak dapat dikompresi lagi.

#### D. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis percepatan pada setiap alternatif hingga optimal, dilakukan perbandingan ketiga alternatif tersebut dapat diketahui dan disimpulkan alternatif yang paling efisien yang dapat diterapkan pada penelitian ini

#### E. Bagan Alir

Bagan alir tahapan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Skenario Percepatan

Berdasarkan hasil kompresi dilakukan skenario percepatan sebagai berikut:

##### 1) Penambahan Tenaga Kerja

Jumlah tenaga kerja setiap pekerjaan setelah ditambahkan tenaga kerja tambahan: (1) Pekerjaan Bekisting = 26 + 10 = 36 orang. (2) Pekerjaan Pembesian = 21 + 10 = 31 orang. (3) Pekerjaan Pengecoran = 8 + 4 = 12 orang.

##### 2) Penambahan Shift Kerja

Shift kerja terdiri dari 2 shift yaitu shift normal dan shift tambahan dengan jumlah pekerjaan yang sama pada setiap shift namun dengan pekerja yang berbeda. Berikut adalah jadwal kerja setiap shift: (1) Shift Normal = 08.00 – 17.00. (2) Shift Tambahan = 19.00 – 04.00.

##### 3) Penambahan Alat Kerja

Penambahan alat kerja hanya dilakukan pada pekerjaan pengecoran yaitu dengan menambah penggunaan *concrete pump*.

#### B. Perhitungan Crash Duration, Crash Cost, dan Cost Slope

Perhitungan *crash duration*, *crash cost*, dan *cost slope* meliputi:

##### 1) Durasi Percepatan (Crash Duration)

Durasi percepatan atau *crash duration* meliputi 3 hal, di bawah ini:

##### a. Penambahan Tenaga Kerja

Pekerjaan Pembesian Lantai P3:

Volume Pembesian = 77933,608 kg

Produktivitas Percepatan = 4108,745 kg/hari

$$\text{Crash Duration} = \frac{77933.608 \text{ kg}}{4108.745 \text{ kg/hari}} = 19 \text{ hari}$$

##### b. Penambahan Shift Kerja

Pekerjaan Pembesian Lantai P3:

Volume Pembesian = 77933,608 kg

Produktivitas Percepatan = 5566,686 m<sup>2</sup>/hari

$$\text{Crash Duration} = \frac{77933.608 \text{ kg}}{5566.686 \text{ m}^2/\text{hari}} = 14 \text{ hari}$$

##### c. Penambahan Alat Kerja

Pekerjaan Pengecoran Lantai P3:

Volume Pengecoran = 445,945 m<sup>3</sup>

Produktivitas Percepatan = 100,959 m<sup>3</sup>/hari

$$\text{Crash Duration} = \frac{445.945 \text{ m}^3}{100.959 \text{ m}^3/\text{hari}} = 5 \text{ hari}$$

##### 2) Biaya Percepatan (Crash Cost)

##### a. Penambahan Tenaga Kerja

Pekerjaan Pembesian Lantai P3:

Biaya Normal = Rp 996.792.229,70

Crash Duration = 19 hari

Kebutuhan Pekerja Normal

Mandor = 1 × Rp 125.000,00 = Rp 125.000,00

Pekerja = 21 × Rp 100.000,00 = Rp 2.100.000,00

Kebutuhan Pekerja Tambahan

Pekerja = 10 × Rp 100.000,00 = Rp 1.000.000,00

Crash Cost = Biaya Normal + (Upah Tambahan × Durasi Percepatan)

= Rp 996.792.229,70 + (Rp 1.000.000,00 × 19)

= Rp 1.015.792.229,70

##### d. Penambahan Shift Kerja

Pekerjaan Pembesian Lantai P3:

Biaya Normal = Rp 996.792.229,70

Crash Duration = 14 hari

Kebutuhan Pekerja Shift Normal (08.00 - 17.00)

Mandor = 1 × Rp 125.000,00 = Rp 125.000,00

Pekerja = 21 × Rp 100.000,00 = Rp 2.100.000,00

Kebutuhan Pekerja Shift Normal (08.00 - 17.00)

Mandor = 1 × Rp 125.000,00 = Rp 125.000,00

Pekerja = 21 × Rp 100.000,00 = Rp 2.100.000,00

Total = Rp 2.225.000,00

Crash Cost

= Biaya Normal + (Upah Pekerja Shift Tambahan × Durasi Percepatan)

= Rp 996.792.229,70 + (Rp 2.225.000 × 14)

= Rp 1.027.942.229,70

##### e. Penambahan Alat Kerja

Pekerjaan Pengecoran Lantai P3:

Biaya Normal = Rp 453.480.382,36

Crash Duration = 5 hari

Kebutuhan Pekerja Shift Normal (08.00 - 17.00)

Mandor = 1 × Rp 125.000,00 = Rp 125.000,00

Pekerja = 8 × Rp 100.000,00 = Rp 800.000,00

Kebutuhan Pekerja Shift Normal (08.00 - 17.00)

Pekerja Beton = 4 × Rp 100.000,00 = Rp 400.000,00

Operator CP = 2 × Rp 100.000,00 = Rp 200.000,00

Total = Rp 600.000,00

Biaya Tambahan Lainnya

Concrete Pump = 285.5 × Rp 100.000,00

= Rp 28.554.526,71

Crash Cost = Biaya Normal + ((upah pekerja tambahan × durasi percepatan) + biaya tambahan lainnya)

= Rp 453.480.382,36 + (Rp 600.000 × 5) + Rp 28.554.526,71

= Rp 485.034.909,06

##### 3) Cost Slope

##### a. Penambahan Tenaga Kerja

Pekerjaan Pembesian Lantai P3 Parkiran:

Normal Duration = 28 hari

Crash Duration = 19 hari

Normal Cost = Rp 996.792.229,70

Crash Cost = Rp 1.015.792.229,70

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{Rp } 1.015.792.229.70 - \text{Rp } 996.792.229.70}{28 - 19} = \text{Rp } 2.111.111,11$$

##### b. Penambahan Shift Kerja

Pekerjaan Pembesian Lantai P3 Parkiran:

Normal Duration = 28 hari

Crash Duration = 14 hari

Normal Cost = Rp 996.792.229,70

$$\begin{aligned} \text{Crash Cost} &= \text{Rp } 1.027.942.229,70 \\ \text{Cost Slope} &= \frac{\text{Rp } 1.027.942.229,70 - \text{Rp } 996.792.329,70}{28-14} \\ &= \text{Rp } 2.225.000,00 \end{aligned}$$

## c. Penambahan Alat Kerja

Contoh Perhitungan Pekerjaan Pembesian Lantai P3 Parkiran:

$$\begin{aligned} \text{Normal Duration} &= 21 \text{ hari} \\ \text{Crash Duration} &= 5 \text{ hari} \\ \text{Normal Cost} &= \text{Rp } 453.480.382,36 \\ \text{Crash Cost} &= \text{Rp } 485.034.909,06 \\ \text{Cost Slope} &= \frac{\text{Rp } 485.034.909,06 - \text{Rp } 453.480.382,36}{21-5} \\ &= \text{Rp } 1.972.157,92 \end{aligned}$$

## C. Analisis Time Cost Trade Off (TCTO)

Pada analisis *Time Cost Trade Off* (TCTO) dilakukan kompresi pada lintasan kritis dan pada pekerjaan yang memiliki bobot pekerjaan atau volume pekerjaan yang besar. Dikarenakan pekerjaan pada pelaksanaan proyek Apartemen Kyo Society Surabaya mengalami *overlapping*, maka analisis percepatan dilakukan pada setiap lantai hingga didapatkan durasi yang diinginkan. Berikut adalah hasil durasi percepatan setelah dilakukan analisis:

## 1) Penambahan Tenaga Kerja

Analisis percepatan pada alternatif ini dilakukan pada seluruh pekerjaan pada lantai P3 hingga O9. Hasil percepatan dengan penambahan tenaga kerja dapat mempercepat selama 29 hari dari durasi normal 98 hari menjadi 69 hari.

## 2) Penambahan Shift Kerja

Analisis percepatan dengan penambahan *shift* kerja dilakukan hanya pada lantai P3 hingga O6. Penambahan *shift* kerja pada lantai P3 hingga O6 dapat mempercepat selama 32 hari dari durasi normal 98 hari menjadi 66 hari.

## 3) Penambahan Alat Kerja

Pada analisis percepatan dengan penambahan alat kerja tidak dapat mempercepat pekerjaan. Hal ini dikarenakan adanya *overlapping* pada seluruh pekerjaan. Untuk mengetahui hal tersebut dilakukan percepatan pada pekerjaan pengecoran lantai P3 yaitu yang semula 21 hari menjadi 5 hari.

Namun, dikarenakan pekerjaan pada lantai P5 dapat dimulai bersamaan dengan pekerjaan pengecoran lantai P3 maka mulainya pekerjaan P5 mundur. Adanya penambahan alat kerja pada pengecoran lantai P3 membuat durasi total pekerjaan menjadi 114 hari

## D. Hubungan Durasi dan Biaya

Hubungan durasi dan biaya meliputi:

## 1) Kondisi Normal / Eksisting

$$\begin{aligned} \text{a. Biaya Langsung} &= \text{Variable Cost} + \text{Fixed Cost} \\ &= \text{Rp } 17.624.968.972,50 + \text{Rp } 404.426.500,00 \\ &= \text{Rp } 18.029.395.472,50 \\ \text{b. Biaya Tidak Langsung} &= \text{Variable Cost} + \text{Fixed Cost} \\ &= \text{Rp } 1.012.693.888,89 + \text{Rp } 131.296.000,00 \\ &= \text{Rp } 1.143.989.888,89 \\ \text{c. Biaya Total} &= \text{Biaya Langsung} + \text{Biaya Tidak Langsung} \\ &= \text{Rp } 18.029.395.472,50 + \text{Rp } 1.143.989.888,89 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp } 19.173.385.361,38$$

## 2) Penambahan Tenaga Kerja

$$\begin{aligned} \text{d. Biaya Langsung} &= \text{Variable Cost Percepatan} + \text{Fixed Cost} \\ &= \text{Rp } 17.689.768.972,50 + \text{Rp } 404.426.500,00 \\ &= \text{Rp } 18.094.195.472,50 \\ \text{a. Biaya Tidak Langsung} &= \text{Fixed Cost} + \text{Variable Cost (69 hari)} \\ &= \text{Rp } 131.296.000,00 + \text{Rp } 713.019.166,67 \\ &= \text{Rp } 844.315.166,67 \\ \text{b. Biaya Total} &= \text{Biaya Langsung} + \text{Biaya Tidak Langsung} \\ &= \text{Rp } 18.094.195.472,50 + \text{Rp } 844.315.166,67 \\ &= \text{Rp } 18.938.510.639,16 \end{aligned}$$

## 3) Penambahan Shift Kerja

$$\begin{aligned} \text{a. Biaya Langsung} &= \text{Variable Cost Percepatan} + \text{Fixed Cost} \\ &= \text{Rp } 17.700.168.972,50 + \text{Rp } 404.426.500,00 \\ &= \text{Rp } 18.104.595.472,50 \\ \text{b. Biaya Tidak Langsung} &= \text{Fixed Cost} + \text{Variable Cost (66 hari)} \\ &= \text{Rp } 133.788.437,50 + \text{Rp } 750.596.134,93 \\ &= \text{Rp } 884.384.572,43 \\ \text{c. Biaya Total} &= \text{Biaya Langsung} + \text{Biaya Tidak Langsung} \\ &= \text{Rp } 18.104.595.472,50 + \text{Rp } 884.384.572,43 \\ &= \text{Rp } 18.988.980.044,93 \end{aligned}$$

## 4) Penambahan Alat Kerja

$$\begin{aligned} \text{a. Biaya Langsung} &= \text{Variable Cost Percepatan} + \text{Fixed Cost} \\ &= \text{Rp } 17.656.523.499,20 + \text{Rp } 404.426.500,00 \\ &= \text{Rp } 18.060.949.999,20 \\ \text{b. Biaya Tidak Langsung} &= \text{Fixed Cost} + \text{Variable Cost (114 hari)} \\ &= \text{Rp } 131.296.000,00 + \text{Rp } 1.178.031.666,67 \\ &= \text{Rp } 1.309.327.666,67 \\ \text{c. Biaya Total} &= \text{Biaya Langsung} + \text{Biaya Tidak Langsung} \\ &= \text{Rp } 18.060.949.999,20 + \text{Rp } 1.309.327.666,67 \\ &= \text{Rp } 19.370.277.665,87 \end{aligned}$$

## E. Perbandingan Alternatif Percepatan

Dikarenakan penambahan tenaga kerja sudah dapat mengatasi keterlambatan selama 29 hari dan memiliki biaya total paling murah maka alternatif percepatan paling efisien yang dapat digunakan adalah penambahan tenaga kerja dengan dapat mempercepat pekerjaan selama 29 hari dari 98 hari menjadi 69 hari dengan efisiensi sebesar 29.59% dan biaya total setelah percepatan sebesar Rp 18.938.510.639.16 dengan efisiensi sebesar 1.23% (Gambar 4). Hal tersebut dapat diketahui pula pada Gambar 4 bahwa penambahan tenaga kerja paling efisien dibandingkan dengan alternatif percepatan yang lain.

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis percepatan waktu dan biaya pada pembangunan proyek Apartemen Kyo Society Surabaya diperoleh kesimpulan sebagai berikut: (1) Durasi normal pelaksanaan adalah 98 hari, dengan adanya percepatan

didapatkan hasil durasi percepatan yaitu: (a) Penambahan Tenaga Kerja. Durasi menjadi 69 hari kerja yaitu 29 hari lebih cepat (efisiensi 29.59%). (b) Penambahan *Shift* Kerja. Durasi menjadi 66 hari kerja yaitu 32 hari lebih cepat (efisiensi 32.65%). (c) Penambahan Alat Kerja. Dikarenakan pekerjaan *overlapping* penambahan alat menyebabkan durasi bertambah 16 hari menjadi 114 hari kerja. (2) Biaya total normal sebesar Rp 19.173.385.361.38 dengan adanya percepatan didapatkan biaya percepatan sebesar: (a) Penambahan Tenaga Kerja. Biaya menjadi Rp 18.938.510.639.16 (efisiensi 1.23%) yaitu lebih murah Rp 234.874.722.22. (b) Penambahan *Shift* Kerja. Biaya menjadi Rp 18.988.980.044.93 (efisiensi 0.96%) yaitu lebih murah Rp 184.405.316.46. (c) Penambahan Alat Kerja. Biaya menjadi adalah Rp 19.370.277.665.87 (efisiensi -1.03%) yaitu lebih mahal Rp 196.892.304.48. (3) Berdasarkan perbandingan ketiga alternatif dikarenakan penambahan tenaga kerja sudah dapat mengatasi keterlambatan selama 29 hari dan memiliki biaya total paling murah maka alternatif percepatan paling

efisien yang dapat digunakan adalah penambahan tenaga kerja.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Priyo and A. Sumanto, "Analisis percepatan waktu dan biaya proyek konstruksi dengan penambahan jam kerja (lembur) menggunakan metode time cost trade off: studi kasus proyek pembangunan prasarana pengendali banjir," *Semesta Tek.*, vol. 19, no. 1, pp. 1–15, 2016, doi: 10.18196/st.v19i1.2233.
- [2] I. A. P. S. Mahapatni, *Metode Perencanaan dan Pengendalian Proyek Konstruksi*, 1st ed. Denpasar, 2019.
- [3] H. Muzainah, "Analisis Percepatan Waktu dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) pada Proyek Pembangunan Gedung 8 Lantai, Hotel Max One Loji Kridanggo, Boyolali," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2021.
- [4] I. Mirajhusnita, "Analisis optimasi waktu dan biaya dengan penambahan jam kerja (lembur) menggunakan Metode Time Cost Trade Off," *Eng. J. Bid. Tek.*, vol. 12, no. 2, pp. 47–56, 2021, doi: 10.24905/eng.v12i2.1943.
- [5] A. Heidarzade, I. Mahdavi, and N. Mahdavi-Amiri, "Supplier selection using a clustering method based on a new distance for interval type-2 fuzzy sets: A case study," *Appl. Soft Comput.*, vol. 38, pp. 213–231, 2016.