

## PERANCANGAN BIAYA DAN WAKTU PROYEK REHABILITASI SEKOLAH MENGUNAKAN METODE CPM DAN *TIME COST TRADE OFF*

Muchamad Thaarig Abdilah<sup>1</sup>, Ika Arum Puspita<sup>2</sup>, Wawan Tripiawan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Telkom, Bandung

[mochamadthaariq@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:mochamadthaariq@student.telkomuniversity.ac.id)<sup>1</sup>, [ikaarumpuspita@telkomuniversity.ac.id](mailto:ikaarumpuspita@telkomuniversity.ac.id)<sup>2</sup>,

[wawantripiawan@telkomuniversity.ac.id](mailto:wawantripiawan@telkomuniversity.ac.id)<sup>3</sup>

### Abstrak

PT.XYZ merupakan konsultan konstruksi bangunan yang ditunjuk untuk melakukan pengawasan dan pengelolaan pada proyek rehabilitasi di salah satu Sekolah Dasar di Kota Bandung. Proyek ini direncanakan berlangsung selama 77 hari dengan biaya sebesar Rp 196.038.361. Berdasarkan hasil wawancara dengan narasumber PT.XYZ, proyek ini perlu dilakukan percepatan agar tidak mengganggu aktivitas pembelajaran yang sedang berjalan dan dapat segera dipergunakan dalam kegiatan pembelajaran. Dalam melakukan percepatan proyek, penelitian ini menggunakan metode *Crashing*. Metode *Crashing* adalah metode yang digunakan dengan mereduksi waktu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek. Salah satu cara mereduksi pekerjaan yaitu melakukan penambahan tenaga kerja pada aktivitas yang akan dilakukan percepatan.

Dalam melakukan penambahan jumlah tenaga kerja, perlu dilakukan perhitungan perencanaan jumlah tenaga kerja tambahan yang tepat agar menghindari pembengkakan pada biaya proyek. Perancangan waktu dan biaya pada penelitian ini menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) untuk mencari lintasan kritis pada proyek dan analisis *Time Cost Trade Off* (TCTO) untuk mencari waktu dan biaya yang optimal setelah dilakukan percepatan. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa dengan menambahkan 2 tenaga kerja pada aktivitas membongkar dinding bata merah, pembuatan bekisting kolom lantai 1, pembuatan bekisting dan beton balok lantai 1 dapat mereduksi waktu penyelesaian dari proyek menjadi 72 hari dengan biaya Rp. 195.989.821.

**Kata Kunci :** Rehabilitasi, Optimalisasi, CPM, TCTO

### Abstract

*PT.XYZ is a building construction consultant appointed to supervise and manage a rehabilitation project at an elementary school in Bandung. This project is planned to last for 77 days at a cost of Rp. 196,038,361. Based on the results of interviews with PT.XYZ resource persons, this project needs to be accelerated so that it does not interfere with ongoing learning activities and can be immediately used in learning activities. In accelerating the project, this research uses the Crashing method. Crashing method is a method used to reduce work time which will affect the project completion time. One way to reduce work is to add workers to activities that will be accelerated. In increasing the number of workers, it is necessary to calculate the appropriate number of additional workers in order to avoid swelling in project costs. The design of time and cost in this study uses Critical Path Method (CPM) to find the critical path to the project and Time Cost Trade Off (TCTO) analysis to find the optimal time and cost after acceleration. The results of this study found that by adding 2 workers to the activity of dismantling red brick walls, making 1st floor column formwork, making formwork and 1st floor concrete beams, it can reduce the completion time of the project to 72 days at a cost of Rp. 195,989,821.*

**Keywords:** Rehabilitation, Optimizing, CPM, TCTO

### 1. Pendahuluan

Sistem pendidikan yang baik merupakan salah satu faktor dari upaya pemerintah untuk meningkatkan SDM yang berkualitas. Berdasarkan data APBN yang dikeluarkan oleh Kementerian Keuangan, sektor pendidikan mengalami kenaikan jumlah subsidi setiap tahun. Terdapat beberapa sasaran pembangunan

pendidikan untuk meningkatkan sistem pendidikan yang baik oleh pemerintah, seperti sertifikasi untuk dosen dan guru, pemerataan guru, program Kartu Indonesia Pintar (KIP), program bidikmisi, program Bantuan Operasional Sekolah (BOS), bantuan operasional untuk PTN, program rehabilitasi untuk ruangan kelas, dan satuan pendidikan yang melaksanakan K13. Menurut Slameto dalam (Prianto & Putri, 2017) terdapat dua faktor yang mempengaruhi belajar siswa yaitu faktor *intern* yang merupakan faktor

dalam diri individu dan faktor *ektern* yang merupakan faktor di luar individu. Faktor di dalam individu dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yakni jasmaniah, psikologis, dan kelelahan. Sedangkan faktor di luar individu diklasifikasikan menjadi tiga, yakni keluarga, sekolah dan masyarakat.

Ketersediaan fasilitas belajar yang memadai merupakan salah satu faktor dari sekolah. Fasilitas pendidikan yang kurang memadai di Indonesia merupakan salah satu hal yang mendasar yang menyebabkan ketimpangan pendidikan di Indonesia. Fasilitas disini dapat diartikan sebagai sarana dan prasarana pendukung pendidikan itu sendiri. Baik kualitas guru, teknologi, kelengkapan sekolah dan hal-hal lain yang menunjang pendidikan (Prianto & Putri, 2017). Rehabilitasi sekolah merupakan program pemerintah untuk meningkatkan kualitas pendidikan dengan menyediakan fasilitas yang nyaman dalam kegiatan belajar.

PT.XYZ merupakan konsultan konstruksi yang ditunjuk untuk mengerjakan rehabilitasi pada salah satu sekolah dasar di Kota Bandung. Tugas PT.XYZ pada proyek ini yaitu pengelolaan dan pengawasan. Pada tahap pengelolaan PT.XYZ merencanakan spesifikasi pekerjaan yang ada pada proyek ini, seperti bahan apa saja yang akan digunakan, berapa banyak bahan dan tenaga kerja yang dibutuhkan, kegiatan mana saja yang perlu dikerjakan terlebih dahulu, berapa lama waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan keseluruhan proyek rehabilitasi sekolah ini. Pada tahap pengawasan PT.XYZ melakukan pengawasan apakah proyek berjalan seperti dengan rencana yang sudah dibuat.

Proyek ini direncanakan berlangsung selama 77 hari dengan biaya Rp. 196.038.361. Biaya ini terdiri dari biaya langsung sebesar Rp. 180.611.900 dan biaya tidak langsung sebesar Rp. 15.426.461. Berdasarkan hasil wawancara dengan narasumber PT.XYZ, proyek ini perlu dilakukan percepatan waktu untuk penyelesaiannya agar tidak mengganggu aktivitas belajar yang sedang berjalan dan dapat segera dipergunakan oleh murid sehingga belajar dengan nyaman dan aman. Terdapat 2 metode yang dapat digunakan dalam melakukan percepatan, yaitu *Fast Track* dan *Crash Program*. *Crash program* dilakukan dengan mereduksi waktu penyelesaian suatu kegiatan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan dalam *crash program*, yaitu penambahan jam kerja, pembagian giliran kerja, penambahan tenaga kerja, penambahan atau penggantian peralatan, penggantian atau

perbaikan metode kerja, dan kombinasi dari beberapa alternatif tersebut (Khodijah dkk., 2013).

Pada penelitian ini dilakukan percepatan waktu dan biaya dengan menambahkan tenaga kerja pada aktivitas-aktivitas yang dilalui lintasan kritis. Percepatan penyelesaian proyek tanpa perencanaan perkiraan penambahan sumber daya secara tepat justru akan mengakibatkan pembengkakan biaya pada proyek tersebut. Oleh karena itu diperlukan analisis optimasi biaya dan durasi sehingga dapat diketahui berapa lama suatu proyek tersebut dapat diselesaikan dengan tetap memberikan keuntungan kepada pihak pengolah proyek tanpa mengurangi kualitas (mutu) suatu konstruksi (Leatemia, 2013). Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan kepada perusahaan dalam melakukan pengoptimalan waktu dan biaya untuk proyek.

## 2. Studi Terkait

### Proyek

Proyek adalah usaha sementara yang dilakukan untuk menciptakan produk, layanan, atau hasil yang unik (Project Management Institute, 2017). Proyek adalah rangkaian kegiatan yang kompleks dan bersifat dinamis, sebagai suatu usaha yang mempergunakan sumber daya untuk memperoleh berbagai manfaat, sekaligus sebagai cara/usaha inti untuk membahasakan suatu rencana atau produk perencanaan ke dalam program aksi, sehingga membentuk kegiatan yang nyata, yang kegiatannya dibatasi oleh jangka waktu tertentu sebagai konsekuensi penjadwalannya (Sugiyanto, 2020).

### Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah adalah penerapan dari pengetahuan, keterampilan, alat, dan teknik pada kegiatan proyek untuk memenuhi persyaratan proyek. Manajemen proyek dicapai melalui kesesuaian dan integrasi proses manajemen proyek yang diidentifikasi untuk proyek. Pada suatu proyek yang didalamnya dikendalikan oleh adanya manajemen proyek pasti mempunyai suatu tujuan (Project Management Institute, 2017).

### Proyek Kontruksi

Manajemen konstruksi adalah sistem dan prosedur pengendalian untuk memastikan bahwa sumber daya yang digunakan dalam proyek konstruksi diaplikasikan secara efektif dan efisien. Sumber daya dalam proyek konstruksidapat dikelompokkan menjadi

*manpower, material, machines, money, method* (Erviyanto, 2005).

### Biaya Proyek

Dalam suatu proyek konstruksi, biaya proyek terdiri dari dua komponen yang berhubungan dengan waktu pelaksanaan proyek. Kedua komponen biaya tersebut adalah:

#### a. Biaya Langsung

Biaya langsung adalah biaya yang berkaitan langsung dengan volume pekerjaan yang dilaksanakan, antara lain terdiri dari biaya material dan upah (Tjaturono, 2006).

#### b. Biaya Tidak Langsung

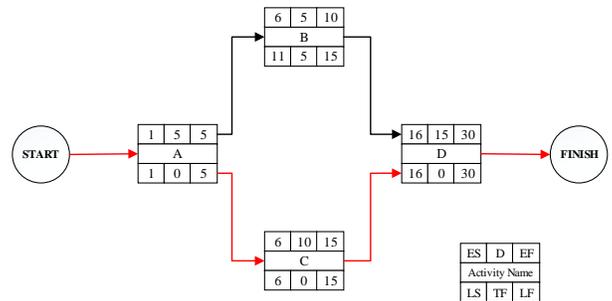
Biaya tak langsung adalah pengeluaran untuk manajemen, supervise pembayaran material dan jasa untuk pengadaan bagian proyek yang tidak akan menjadi instalasi atau produk permanen, tetapi diperlukan dalam rangka proses pembangunan proyek (Soeharto, 1995).

### Penjadwalan Proyek

Penjadwalan adalah penggambaran dari suatu diagram waktu untuk tiap item pekerjaan yang menentukan kapan suatu aktivitas dimulai, ditunda, dan diakhiri (Soeharto, 1999). Jadwal proyek adalah sebuah output dari model jadwal yang menyajikan aktivitas terkait dengan tanggal, durasi, pencapaian, dan sumber daya yang direncanakan. Paling tidak jadwal proyek mencakup waktu mulai dan selesai yang sudah direncanakan dalam setiap aktivitas (Project Management Institute, 2017).

### Critical Path Method

*Critical Path Method* merupakan metode yang berorientasi pada waktu, artinya bahwa CPM akan berakhir pada penentuan waktu (Nalhadi & Suntana, 2017). Metode Lintasan Kritis (*Critical Path Method*) adalah metode untuk merencanakan dan mengawasi proyek proyek merupakan sistem yang paling banyak dipergunakan diantara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan. Dengan CPM, jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan berbagai tahap suatu proyek dianggap diketahui dengan pasti, demikian pula hubungan antara sumber yang digunakan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek (Levin & Kirkpatrick, 1972).



Gambar 2.1 Contoh Perhitungan CPM

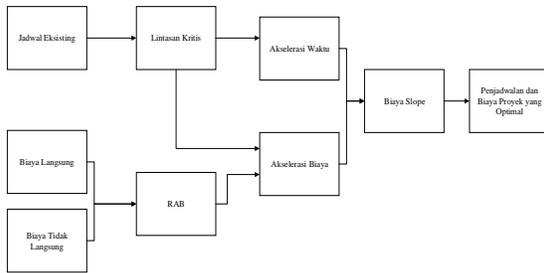
### Time Cost Trade Off

*Time Cost Trade Off* (TCTO) adalah suatu proses yang disengaja, sistematis, dan analitis dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada lintasan kritis (Kisworo & Handayani, Fajar S., 2017). TCTO adalah *Schedule Compression* untuk mendapatkan proyek yang lebih menguntungkan dari segi waktu (durasi), biaya, dan pendapatan yang bertujuan untuk memadatkan proyek dengan durasi yang dapat diterima dan meminimalkan total biaya proyek. Ditentukan pula prosedur mempersingkat waktu mulai dengan menghitung waktu penyelesaian proyek. Setelah itu, menentukan biaya yang dipercepat dari setiap aktivitas. Kemudian, menghitung setiap komponen *cost slope* kegiatan. Setelah itu, mempersingkat periode aktivitas, mulai dari aktivitas kritis yang memiliki *cost slope* terendah, terus mempersingkat waktu aktivitas hingga titik proyek dipersingkat. Kemudian, tabulasikan biaya versus waktu. Tambahkan biaya langsung dan biaya tidak langsung untuk mencari total biaya sebelum periode waktu yang diinginkan yang memiliki kombinasi *cost slope* terendah (Hasyiyati dkk., 2020).

## 3. Metode Penelitian

### Metode Konseptual

Model Konseptual merupakan sebuah pemaparan dari konsep penelitian yang dilakukan untuk merancang bentuk model yang terstruktur agar dapat memecahkan suatu masalah secara sistematis dan digunakan untuk mencapai tujuan penelitian. Berikut model konseptual dari penelitian ini.



Gambar 3.1 Model Konseptual

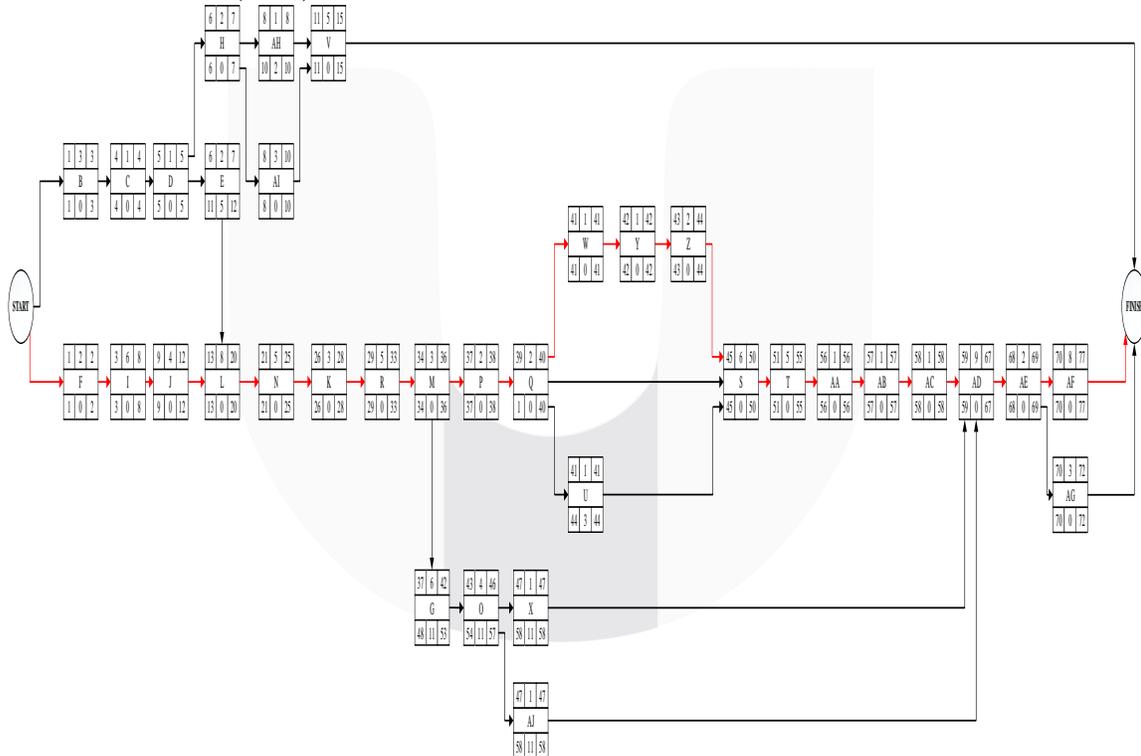
Gambar 3.1 merupakan model konseptual dari penelitian ini dalam melakukan optimalisasi waktu dan biaya. Terdapat beberapa *input* yang digunakan untuk melakukan optimalisasi proyek. *Input* pertama yaitu jadwal eksisting, jadwal. *Input* kedua yaitu biaya proyek. Setelah memperoleh data, dilakukan perhitungan lintasan kritis untuk melakukan akselerasi waktu dan biaya.

Akselerasi waktu adalah waktu tercepat yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu aktivitas. Akselerasi biaya adalah biaya langsung yang dikeluarkan untuk menyelesaikan kegiatan dalam waktu yang telah dipercepat. Dalam melakukan perhitungan akselerasi biaya diperlukan biaya langsung dan biaya tidak langsung proyek.

*Biaya slope* merupakan biaya yang dibutuhkan untuk mempercepat durasi proyek yang ditentukan dengan perbandingan antara pertambahan biaya dan percepatan waktu penyelesaian proyek yang dihitung dari hasil pengurangan antar biaya setelah dilakukan percepatan (akselerasi biaya) dengan biaya normal proyek lalu dibagi dengan hasil pengurangan antar durasi normal dengan durasi percepatan (akselerasi waktu).

4. Hasil dan Pembahasan

Critical Path Method (CPM)



Gambar 4.1 Perhitungan CPM

Berdasarkan hasil perhitungan pada Gambar 4.1 proyek pada penelitian ini memiliki 22 lintasan dengan lintasan kritis yaitu F, I, J, L, N, K, R, M, P, Q, X, Y, Z, S, T, AA, AB, AC, AD, AD, AE, AF dengan durasi 77 hari.

### Percepatan Waktu dan Biaya

Percepatan pada penelitian ini dengan menambahkan tenaga kerja pada aktivitas yang dilalui lintasan kritis. Terdapat beberapa aktivitas dalam proyek yang dikerjakan oleh sub-kontraktor atau sudah memiliki durasi yang optimal pada proses perencanaannya, sehingga aktivitas tersebut tidak dapat dilakukan percepatan. Aktivitas tersebut antara lain aktivitas I, K, M, P, Q, W, Y, Z, AA, AB, AC, dan AF.

#### 1) Perhitungan Percepatan Proyek

Perhitungan percepatan pada penelitian ini menggunakan bobot pekerjaan. Perhitungan percepatan pada penelitian ini dengan menambahkan tenaga kerja pada aktivitas di lintasan kritis. Langkah perhitungan percepatan proyek pada penelitian ini sebagai berikut:

- a. Menghitung bobot pekerjaan
- b. Menghitung produktivitas harian
- c. Menghitung produktivitas setiap pekerja
- d. Menghitung produktivitas percepatan
- e. Menghitung durasi percepatan

Tabel 4.1 Perhitungan Percepatan Proyek

| Kode | Tenaga Kerja Normal | Bobot Pekerjaan | Durasi Normal | Produktivitas |             |               |               | Durasi          |                 |
|------|---------------------|-----------------|---------------|---------------|-------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
|      |                     |                 |               | Harian        | Pekerja     | Tambahan 1 TK | Tambahan 2 TK | Percepatan 1 TK | Percepatan 2 TK |
| F    | 2                   | 0,001014873     | 2             | 0,000507436   | 0,000253718 | 0,000761154   | 0,001014873   | 2               | 1               |
| J3   | 2                   | 0,012264502     | 2             | 0,006132251   | 0,003066125 | 0,009198376   | 0,012264502   | 2               | 1               |
| L3   | 2                   | 0,044039368     | 4             | 0,011009842   | 0,005504921 | 0,016514763   | 0,022019684   | 3               | 2               |
| L4   | 2                   | 0,01174949      | 3             | 0,003916497   | 0,001958248 | 0,005874745   | 0,007832993   | 2               | 2               |
| N1   | 2                   | 0,03595589      | 2             | 0,017977945   | 0,008988972 | 0,026966917   | 0,025169123   | 2               | 2               |
| R    | 5                   | 0,037368741     | 5             | 0,007473748   | 0,00149475  | 0,008968498   | 0,010463247   | 5               | 4               |
| S    | 5                   | 0,023888297     | 6             | 0,003981383   | 0,000796277 | 0,004777659   | 0,005573936   | 5               | 5               |
| T    | 5                   | 0,015103093     | 5             | 0,003020619   | 0,000604124 | 0,003624742   | 0,004228866   | 5               | 4               |
| AD2  | 5                   | 0,045779224     | 8             | 0,005722403   | 0,001144481 | 0,006866884   | 0,008011364   | 7               | 6               |
| AE   | 5                   | 0,037464215     | 2             | 0,018732108   | 0,003746422 | 0,022478529   | 0,026224951   | 2               | 2               |

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.1 didapatkan hasil bahwa terdapat 4 aktivitas yang mengalami perubahan bila dilakukan percepatan dengan tambahan 1 tenaga kerja yaitu L3, L4, S, dan AD2. Sedangkan terdapat 8 aktivitas yang mengalami perubahan durasi bila dilakukan dengan tambahan 2 tenaga kerja yaitu F, J3, L3, L4, R, S, T, dan AD2.

#### 2) Perhitungan Biaya Percepatan Proyek

Biaya proyek ini dibagi menjadi 2, yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung.

- a. Biaya Tidak Langsung
  - Biaya tidak langsung terdiri dari, biaya *profit* dan biaya *overhead*.

Tabel 4.2 Biaya Tidak Langsung

| No    | Uraian                     | Jumlah         |
|-------|----------------------------|----------------|
| 1     | Biaya Pengelolaan (4%)     | Rp. 5.467.990  |
| 2     | Biaya Pengawasan (2%)      | Rp. 2.733.995  |
| 3     | Biaya <i>Overhead</i> (4%) | Rp. 7.224.476  |
| Total |                            | Rp. 15.462.461 |

b. Biaya Langsung

Biaya langsung terdiri dari biaya bahan dan biaya upah,

Tabel 4.3 Rekapitulasi Biaya Langsung

| No     | Uraian               | Jumlah          |
|--------|----------------------|-----------------|
| 1      | Pekerjaan Persiapan  | Rp. 5.407.423   |
| 2      | Pekerjaan Struktur   | Rp. 74.751.209  |
| 3      | Pekerjaan Arsitektur | Rp. 90.943.268  |
| 4      | Pengadaan Bangku     | Rp. 9.510.000   |
| Jumlah |                      | Rp. 180.611.900 |

c. Biaya Percepatan Proyek

Setelah dilakukan perhitungan percepatan pada tahap sebelumnya, pada tahap ini dilakukan perhitungan biaya percepatan. Biaya pada proyek ini dibagi menjadi dua, yaitu biaya langsung yang terdiri dari biaya bahan dan biaya upah tenaga kerja sedangkan biaya tidak langsung yang terdiri dari biaya pengawasan, biaya pengelolaan, dan biaya *overhead*. Tahapan pada perhitungan biaya percepatan adalah sebagai berikut:

- i. Menghitung biaya bahan dan upah pekerja
- ii. Menghitung upah normal perhari
- iii. Menghitung upah normal pekerja
- iv. Menghitung upah tenaga kerja tambahan
- v. Menghitung upah percepatan
- vi. Menghitung total biaya percepatan

3) Perhitungan Biaya Slope

Biaya slope merupakan biaya yang dibutuhkan untuk mempercepat durasi proyek yang ditentukan dengan perbandingan antara pertambahan biaya dan percepatan waktu penyelesaian proyek yang dihitung dari hasil pengurangan antar biaya setelah dilakukan percepatan (akselerasi biaya) dengan biaya normal proyek lalu dibagi dengan hasil pengurangan antar durasi normal dengan durasi percepatan (akselerasi waktu).

$$\text{Biaya slope} = \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}}$$

Tabel 4.4 Perhitungan Biaya Percepatan & Biaya Slope Dengan Tambahan 1 Tenaga Kerja

| Kode | Biaya Normal |             |             | Durasi |            | Tenaga Kerja |            | Upah Tenaga Kerja |           |           | Upah Percepatan | Biaya Total Percepatan | Slope     |
|------|--------------|-------------|-------------|--------|------------|--------------|------------|-------------------|-----------|-----------|-----------------|------------------------|-----------|
|      | Bahan        | Upah        | Total       | Normal | Percepatan | Normal       | Percepatan | Perhari           | Pekerja   | Tambahan  |                 |                        |           |
| L3   | Rp7.015.244  | Rp938.790   | Rp7.954.034 | 4      | 3          | 2            | 3          | Rp234.698         | Rp117.349 | Rp117.349 | Rp1.290.836     | Rp8.306.080            | Rp352.046 |
| L4   | Rp1.800.409  | Rp321.689   | Rp2.122.098 | 3      | 2          | 2            | 3          | Rp107.230         | Rp53.615  | Rp53.615  | Rp428.918       | Rp2.229.327            | Rp107.230 |
| S    | Rp1.258.753  | Rp3.055.758 | Rp4.314.511 | 6      | 5          | 2            | 3          | Rp509.293         | Rp101.859 | Rp101.859 | Rp3.565.051     | Rp4.823.804            | Rp509.293 |
| AD 2 | Rp4.814.577  | Rp3.453.696 | Rp8.268.273 | 8      | 7          | 2            | 3          | Rp431.712         | Rp86.342  | Rp86.342  | Rp4.058.093     | Rp8.872.669            | Rp604.397 |

Tabel 4.5 Perhitungan Biaya Percepatan & Biaya Slope Dengan Tambahan 2 Tenaga Kerja

| Kode | Biaya Normal |             |             | Durasi |            | Tenaga Kerja |            | Upah Tenaga Kerja |           |           | Upah Percepatan | Biaya Total Percepatan | Slope       |
|------|--------------|-------------|-------------|--------|------------|--------------|------------|-------------------|-----------|-----------|-----------------|------------------------|-------------|
|      | Bahan        | Upah        | Total       | Normal | Percepatan | Normal       | Percepatan | Perhari           | Pekerja   | Tambahan  |                 |                        |             |
| F    | Rp0          | Rp183.298   | Rp183.298   | 2      | 1          | 2            | 4          | Rp91.649          | Rp45.825  | Rp91.649  | Rp274.947       | Rp274.947              | Rp91.649    |
| J3   | Rp1.945.790  | Rp269.325   | Rp2.215.115 | 2      | 1          | 2            | 4          | Rp134.663         | Rp67.331  | Rp134.663 | Rp403.988       | Rp2.349.778            | Rp134.663   |
| L3   | Rp7.015.244  | Rp938.790   | Rp7.954.034 | 4      | 2          | 2            | 4          | Rp234.698         | Rp117.349 | Rp234.698 | Rp1.408.185     | Rp8.423.429            | Rp234.698   |
| L4   | Rp1.800.409  | Rp321.689   | Rp2.122.098 | 3      | 2          | 2            | 4          | Rp107.230         | Rp53.615  | Rp107.230 | Rp536.148       | Rp2.336.557            | Rp214.459   |
| R    | Rp4.892.462  | Rp4.892.462 | Rp9.784.924 | 5      | 4          | 5            | 7          | Rp978.492         | Rp195.698 | Rp391.397 | Rp6.458.050     | Rp11.350.512           | Rp1.565.588 |
| S    | Rp1.258.753  | Rp3.055.758 | Rp4.314.511 | 6      | 5          | 5            | 7          | Rp509.293         | Rp101.859 | Rp203.717 | Rp4.074.344     | Rp5.333.097            | Rp1.018.586 |
| T    | Rp516.273    | Rp2.211.525 | Rp2.727.798 | 5      | 4          | 5            | 7          | Rp442.305         | Rp88.461  | Rp176.922 | Rp2.919.213     | Rp3.435.486            | Rp707.688   |
| A D2 | Rp4.814.577  | Rp3.453.696 | Rp8.268.273 | 8      | 6          | 5            | 7          | Rp431.712         | Rp86.342  | Rp172.685 | Rp4.489.805     | Rp9.304.381            | Rp518.054   |

4) Analisa Time Cost Trade Off

Perhitungan analisa TCTO untuk mencari waktu dan biaya yang optimal dilakukan dengan beberapa tahapan kompresi. Langkah-langkah kompresi dapat dituliskan sebagai berikut (Indriani & Widnyana, 2015):

- a. Penyusunan jaringan kerja proyek dengan menuliskan *cost slope* dari masing-masing kegiatan.
- b. Kompresi pada aktifitas yang berada pada lintasan kritis dan mempunyai *cost slope*.
- c. Penyusunan kembali jaringan kerja proyek.
- d. Mengulangi langkah kedua, langkah kedua akan berhenti bila terjadi pertambahan lintasan kritis dan bila terdapat lebih dari satu lintasan kritis maka langkah kedua dilakukan dengan serentak pada semua lintasan kritis dan perhitungan *cost slopenya* dijumlahkan.
- e. Menghentikan langkah kompresi bila terdapat salah satu lintasan kritis dimana aktivitas-aktivitas telah jenuh seluruhnya (tidak mungkin ditekan lagi) sehingga pengendalian biaya telah optimal

Tabel 4.6 Analisa TCTO Dengan Tambahan 1 Tenaga Kerja

| Tahap Kompresi | Aktivitas yang dipercepat | Durasi Total | Biaya Langsung | Biaya Tidak Langsung | Total Biaya   |
|----------------|---------------------------|--------------|----------------|----------------------|---------------|
| Normal         |                           | 77           | Rp180.611.900  | Rp15.426.461         | Rp196.038.361 |
| Kompresi 1     | L3                        | 76           | Rp180.963.946  | Rp15.226.117         | Rp196.190.063 |
| Kompresi 2     | L4                        | 76           | Rp180.719.129  | Rp15.226.117         | Rp195.945.247 |
| Kompresi 3     | S                         | 76           | Rp181.121.193  | Rp15.226.117         | Rp196.347.310 |
| Kompresi 4     | AD2                       | 76           | Rp181.216.297  | Rp15.226.117         | Rp196.442.414 |
| Kompresi 5     | L3+L4                     | 75           | Rp181.071.176  | Rp15.025.774         | Rp196.096.949 |

Berdasarkan Tabel 4.6 kompresi terpilih merupakan kompresi dengan total biaya kurang dari total biaya normal. Waktu dan biaya yang optimal yaitu dengan menambahkan 1 tenaga kerja baru pada aktivitas L4.

Tabel 4.7 Analisa TCTO Dengan Tambahan 2 Tenaga Kerja

| Tahap Kompresi | Aktivitas yang dipercepat | Durasi Total | Biaya Langsung | Biaya Tidak Langsung | Total Biaya   |
|----------------|---------------------------|--------------|----------------|----------------------|---------------|
| Normal         |                           | 77           | Rp180.611.900  | Rp15.426.461         | Rp196.038.361 |
| Kompresi 1     | F                         | 76           | Rp180.703.549  | Rp15.226.117         | Rp195.929.666 |

| Tahap Kompresi | Aktivitas yang dipercepat | Durasi Total | Biaya Langsung | Biaya Tidak Langsung | Total Biaya   |
|----------------|---------------------------|--------------|----------------|----------------------|---------------|
| Kompresi 2     | J3                        | 76           | Rp180.746.562  | Rp15.226.117         | Rp195.972.680 |
| Kompresi 3     | L3                        | 75           | Rp181.081.295  | Rp15.025.774         | Rp196.107.068 |
| Kompresi 4     | L4                        | 76           | Rp180.826.359  | Rp15.226.117         | Rp196.052.476 |
| Kompresi 5     | R                         | 76           | Rp182.177.488  | Rp15.226.117         | Rp197.403.605 |
| Kompresi 6     | S                         | 76           | Rp181.630.486  | Rp15.226.117         | Rp196.856.603 |
| Kompresi 7     | T                         | 76           | Rp181.319.588  | Rp15.226.117         | Rp196.545.705 |
| Kompresi 8     | AD2                       | 75           | Rp181.648.009  | Rp15.025.774         | Rp196.673.782 |
| Kompresi 9     | F+J3                      | 75           | Rp180.881.225  | Rp15.025.774         | Rp195.906.998 |
| Kompresi 10    | F+J3+L3                   | 73           | Rp181.350.620  | Rp14.625.086         | Rp195.975.706 |
| Kompresi 11    | F+J3+L4                   | 74           | Rp181.095.684  | Rp14.825.430         | Rp195.921.114 |
| Kompresi 12    | F+J3+L3+L4                | 72           | Rp181.565.079  | Rp14.424.743         | Rp195.989.821 |
| Kompresi 13    | F+J3+L3+L4+AD2            | 70           | Rp182.601.188  | Rp14.024.055         | Rp196.625.243 |

Berdasarkan Tabel 4.7 kompresi terpilih merupakan kompresi dengan total biaya kurang dari total biaya normal. Waktu dan biaya yang optimal yaitu dengan menambahkan 2 tenaga kerja baru pada aktivitas F, J3, L3, dan AD2.

## 5. Kesimpulan

Proyek rehabilitasi sekolah ini direncanakan berlangsung selama 77 hari dengan biaya Rp. 196,038,361. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa, waktu dan biaya yang optimal pada proyek rehabilitasi sekolah yaitu dengan melakukan penambahan 2 tenaga kerja pada aktivitas membongkar dinding bata merah, aktivitas pembuatan bekisting kolom untuk lantai 1, aktivitas pembuatan bekisting balok untuk lantai 1, dan aktivitas pembuatan beton untuk balok lantai 1. Hal tersebut dapat meminimasi waktu dan biaya proyek menjadi 72 hari dengan biaya total sebesar Rp. 195.989.821.

## Referensi

- Hasyati, S. N., Puspita, I. A., & Tripiawan, W. (2020). Project acceleration of outside plant-fiber optic (OSP-FO) project in pt. XYZ using time cost trade off (TCTO) method by adding overtime hours. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 852(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/852/1/012103>
- Indriani, M. N., & Widnyana, I. N. S. (2015). ANALISIS OPTIMALISASI CRASHING PADA PROYEK KONSTRUKSI GEDUNG (Studi Kasus : Pembangunan Sekolah Harapan Denpasar). *Civil Engineering and Material Technology Seminar (CEMTECS 2015)*, 49.
- Khodijah, N., Yahdin, S., & Dewi, N. (2013). Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Pembangunan Persinyalan Elektrik di Stasiun Kertapati dengan

Penerapan Metode Crash Program. *Jurnal Penelitian Sains*, 16(2), 168309.

- Kisworo, R. W., & Handayani, Fajar S., S. (2017). Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Dengan Penambahan Jam Kerja Lembur dan Jumlah Alat. *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, September 2017, 766–776.
- Leatemia, K. E. (2013). Optimasi biaya dan durasi proyek menggunakan program Lindo ( studi kasus : pembangunan dermaga penyeberangan salakan tahap II ). *Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.4, Maret 2013 (226-232) ISSN: 2337-6732 OPTIMASI*, 1(4), 226–232.
- Nalhadi, A., & Suntana, N. (2017). Analisa Infrastruktur Desa Sukaci-Baros Dengan Metode Critical Path Method (CPM). *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*, 1(1), 35. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v1i1.167>
- Prianto, A., & Putri, T. H. (2017). Pengaruh Ketersediaan Fasilitas Belajar, Dukungan Orang Tua Yang Dirasakan Terhadap motivasi dan Prestasi Belajar Siswa SMA PGRI Ngimbang Lamongan. *Jurnal Pendidikan Ekonomi, Kewirausahaan, Bisnis, dan Manajemen (JPEKBM)*, 1(2), 13–38. <http://ejournal.stkipjb.ac.id/index.php/ekonomi%0APENGARUH>
- Project Management Institute. (2017). PMBOK® Guide Sixth Edition (PMI, 2017). In *Project Management Institute (Vol. 6)*. <http://www.citeulike.org/group/14887/article/9>

008974

Soeharto, I. (1999). *Manajemen Proyek ( Dari Konseptual Sampai Operasional ) Jilid 1*. Erlangga.

Sugiyanto. (2020). *Manajemen Pengendalian Proyek*. Scopindo Media Pustaka.

