

# Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode *Time Cost Trade Off* pada Proyek Konstruksi Pembangunan Jembatan Kali Kabuyutan

*Studi on Cost and Time Optimization using Duration Cost Trade Off Methode on Bridge Construction Project Kabuyutan River*

**Indah Nur Afifah, Mandiyo Priyo**

*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

**Abstrak.** Keberhasilan suatu proyek dapat dilihat dari waktu penyelesaian yang singkat dan biaya yang dikeluarkan sedikit. Suatu proyek harus dapat dikelola dengan sistematis agar waktu pelaksanaan pekerjaannya dapat dipastikan sama seperti yang telah direncanakan atau mungkin dapat dipercepat dari perkiraan sehingga biaya yang dikeluarkan tidak melebihi dari yang dianggarkan dan menghindari adanya denda akibat keterlambatan penyelesaian suatu proyek. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapat hasil dari percepatan durasi sehingga mengetahui perubahan biaya proyek dengan menambah jam kerja (lembur) dan penambahan alat, kemudian melakukan perbandingan sehingga mendapatkan hasil yang lebih efektif. Data analisis menggunakan program *Microsoft Project 2010* dan Metode *time cost trade off*. Hasil penelitian ini pada kondisi normal dengan durasi 147 hari dengan biaya normal total proyek Rp. 1.169.719.631,00, lembur 1 jam dengan durasi proyek selama 129,46 hari dengan biaya total sebesar Rp. 1.151.448.867,04, lembur 2 jam dengan durasi proyek 115,50 hari dengan biaya total sebesar Rp. 1.146.692.609,70, dan lembur 3 jam dengan durasi proyek 104,13 hari dengan biaya total sebesar Rp. 1.142.818.828,58. Penambahan alat yang setara 1 jam lembur memiliki durasi 129,46 hari dengan biaya sebesar Rp. 1.131.937.122,36, penambahan alat yang setara dengan 2 jam lembur memiliki durasi 115,50 hari dengan biaya sebesar Rp. 1.105.698.013,12, dan untuk penambahan alat yang setara dengan 3 jam lembur memiliki durasi 104,13 hari dengan biaya sebesar Rp. 1.084.335.943,78. Didapatkan nilai yang termurah dengan durasi tercepat yaitu pada penambahan alat setara dengan 3 jam lembur dengan durasi percepatan 104,13 hari dan biaya total sebesar Rp. 1.084.335.943,78.

**Kata-kata kunci :** *time cost trade off* , penambahan jam kerja (lembur), penambahan alat berat, durasi, biaya.

**Abstract.** The success of a project can be seen from a short duration and small cost. A project managed systematically so that the timing of the work can be ascertained to be the same as planned or can be accelerated from the estimate, so that the cost do not exceed the budget and avoid any fines due to the delay of completing the project. The aim of this study to get the result from acceleration of duration so that the researcher know cost change project with enhance working hours (working overtime) and enhance some equipment. Then compare to get more effective result. The data analysis used Microsoft project 2010 program and time cost trade off method. The result of this research get the duration 147 days in normal condition with spent a normal cost Rp.1.169.719.631,00, working overtime 1 hour during the project spent 129,46 days with total cost Rp. 1.151.448.867,04, working overtime 2 hours during the project spent 115,50 days with total cost Rp. 1.146.692.609,70, and working overtime 3 hours during the project spent 104,13 days with the total cost Rp. 1.142.818.828,58. The addition of heavy equipment equal with 1 hour working overtime and spent 129,46 days with the total cost Rp. 1.131.937.122,36, The addition of heavy equipment equal with 2 hours working overtime and spent 115,50 days with the total cost Rp. 1.105.698.013,12, and the addition of heavy equipment equal with 3 hour working overtime and spent 104,13 days with the total cost Rp. 1.084.335.943,78. Therefore, the cheapest cost with the fastest duration found in the addition of heavy equipment equal with 3 hour working overtime with duration of 104,13 days and cost of Rp. 1.084.335.943,78.

**Keywords:** time cost trade off, addition working hours (overtime), addition of heavy equipment, duration, cost.

## 1. Pendahuluan

Mutu, waktu, serta biaya merupakan sebagai patokan suatu keberhasilan dan kegagalan pada suatu proyek. Ketiga faktor tersebut menjadi sangat penting dalam keberhasilan suatu proyek konstruksi. Keberhasilan pelaksanaan suatu proyek dapat selesai tepat waktu merupakan suatu tujuan yang sangat penting bagi pemilik proyek maupun kontraktor. Suatu proyek dapat dikatakan berhasil jika proyek tersebut dapat menyelesaikan pekerjaannya dengan waktu yang singkat, biaya seminimal mungkin, tetapi tetap memperhatikan mutu pekerjaannya sehingga hasilnya dapat sesuai dengan apa yang telah direncanakan. Suatu proyek harus dapat dikelola dengan sistematis agar waktu pelaksanaan pekerjaannya dapat dipastikan sama seperti yang telah direncanakan atau bahkan dapat dipercepat dari perkiraan supaya dapat memberi keuntungan pada proyek tersebut dalam segi biaya yang akan dikeluarkan.

Untuk mendapat keuntungan yang besar atau maksimal dan terhindar dari adanya denda biaya akibat keterlambatan suatu pelaksana (kontraktor) harus dapat mengatur waktu dan biaya dengan baik. Maka dari itu pelaksana (kontraktor) harus melakukan optimasi waktu dan biaya dengan membuat jaringan kerja (*network*), mencari kegiatan-kegiatan yang kritis serta menghitung durasi dari pelaksanaan proyek dan juga jumlah sumber daya (*resources*).

Penelitian ini membahas mengenai analisa percepatan waktu dan biaya pada Proyek Pembangunan Jembatan Kali Kabuyutan dengan metode penambahan jam kerja (lembur) dan metode penambahan alat berat dengan durasi yang sama, yaitu 1 jam lembur, 2 jam lembur, dan 3 jam lembur. Lalu, membandingkan perubahan biaya sebelum dan sesudah penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan alat dengan biaya denda menggunakan aplikasi *Microsoft Project 2010*.

## 2. Landasan Teori

### Manajemen Proyek

Manajemen proyek konstruksi merupakan kegiatan mengorganisir, memimpin, merencanakan, dan mengendalikan sumber daya pada sebuah perusahaan fungsinya supaya perusahaan dapat mencapai sasaran jangka pendek yang sudah ditentukan (Soeharto, 1999). Proyek menurut Wohon dkk. (2015) adalah proses dari gabungan rangkaian kegiatan sementara yang memiliki titik awal dan titik akhir, yang melibatkan berbagai sumber daya yang bersifat terbatas atau tertentu untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan.

Tujuan dari manajemen konstruksi menurut Soeharto (1999) adalah sebagai berikut :

1. Pelaksanaan kegiatan berjalan tepat waktu, maksudnya proyek tidak mengalami keterlambatan dalam penyelesaian proyek.
2. Biaya sesuai dengan apa yang telah direncanakan, sehingga tidak ada tambahan biaya yang dikeluarkan dari perencanaan awal.
3. Mutu sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
4. Tahap pelaksanaan kegiatan sesuai dengan ketentuan.

### *Network Planning*

*Network Planning* (jaringan kerja) merupakan hubungan keterkaitan antara kegiatan pekerjaan dalam proyek yang digambarkan dalam diagram *network* (Anggraeni dkk., 2017). Dengan adanya jaringan kerja, penyelesaian perencanaan proyek dapat disusun dengan waktu dan biaya yang efisien.

Menurut Bangun (2016) konsep dalam *network planning* adalah Metode Lintasan Kritis (*CPM*). Adapun manfaat dari metode lintasan kritis ini dapat memudahkan dalam hal :

- a. Perencanaan (*Planning*)
- b. Penjadwalan (*Scheduling*)
- c. Pengendalian (*Controlling*)

### Biaya Total Proyek

Komponen biaya dalam proyek konstruksi dibagi menjadi dua, yaitu biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung

(*indirect cost*). Biaya langsung menurut Hutasoit dkk. (2014) merupakan biaya yang diperlukan untuk mendapatkan sumber daya yang akan digunakan untuk menyelesaikan suatu proyek. Adapun yang termasuk dalam biaya langsung adalah :

- a. Biaya material
- b. Biaya upah pekerja
- c. Biaya alat
- d. Biaya sub kontraktor

Menurut Hutasoit dkk. (2014) biaya tidak langsung merupakan biaya yang berkaitan dengan pengawasan, administrasi, pengarah kerja, konsultan, bunga dan pengeluaran di luar biaya konstruksi suatu proyek. Dalam arti lain biaya tidak langsung adalah biaya yang tidak secara langsung berhubungan dengan konstruksi, tetapi harus ada dan tidak dapat dilepaskan dari proyek.

Adapun yang termasuk biaya tidak langsung adalah :

- a. Gaji pegawai
- b. Biaya tak terduga
- c. Biaya konsultan
- d. Fasilitas di lokasi proyek
- e. Perizinan, pajak, pungutan, serta asuransi
- f. Overhead
- g. Keuntungan
- h. Peralatan konstruksi

Sehingga pengertian biaya total adalah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung. Kedua biaya dapat berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan dari suatu proyek yang sedang berjalan. Meskipun tidak dapat diperhitungkan dengan rumus tertentu, tetapi jika proyek berjalan semakin lama maka akan semakin tinggi kumulatif biaya tidak langsung yang diperlukan.

### **Metode Pertukaran Waktu dan Biaya (*Time Cost Trade Off*)**

Izzah (2017) menyatakan *Time Cost Trade Off* merupakan suatu proses yang disengaja dan sistematis untuk mempercepat waktu pelaksanaan proyek dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan yang dilakukan sebuah proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis.

Variabel biaya (*cost*) mempunyai peranan yang sangat penting dalam sebuah perencanaan suatu proyek. Biaya (*cost*) adalah

salah satu aspek penting dalam sebuah manajemen, sehingga biaya yang muncul harus dikendalikan seminim mungkin. Dalam pengendalian biaya harus memperhatikan faktor waktu, karena biaya-biaya proyek memiliki ikatan yang erat dengan waktu penyelesaian proyek.

Ketika menggunakan analisa *time cost trade off* biaya yang akan dikeluarkan akan berubah jika waktu penyelesaian proyek berubah. Biaya langsung suatu proyek akan bertambah ketika waktu pelaksanaan proyek dipercepat namun biaya tidak langsung akan berkurang.

### **Produktivitas Tenaga Kerja**

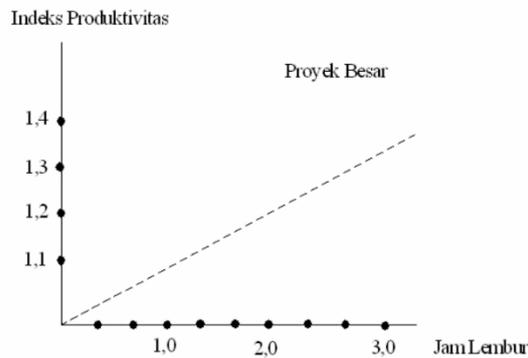
Produktivitas merupakan rasio antara *input* dan *output*. Dalam hal ini *input* mencakup biaya produksi dan biaya peralatan, sedangkan *output* mencakup pendapatan, penjualan, dan kerusakan. Rasio produktivitas ini merupakan nilai yang diukur selama proses konstruksi, yang dapat dibagi menjadi biaya tenaga kerja, biaya material, metode, dan alat. Efektivitas pengelolaan sumber daya merupakan salah satu kesuksesan dari suatu proyek. Biaya untuk menyewa alat berat dan upah untuk tenaga kerja diberikan sesuai dengan kecakapan masing-masing sumber daya karena setiap sumber daya memiliki karakter yang berbeda beda antara yang satu dengan yang lainnya.

### **Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)**

Salah satu cara yang harus dilakukan suatu proyek jika ingin mempercepat durasi penyelesaian proyek adalah dengan menambah jam kerja (lembur). Cara ini sering dilakukan dengan mengefisiensikan penambahan biaya yang akan dikeluarkan kontraktor sehingga dapat memberdayakan sumber daya yang ada disuatu proyek. Jam kerja normal disuatu proyek biasanya sekitar 7 jam (dimulai pukul 08.00-16.00 dengan satu jam istirahat yang dilakukan pada pukul 12.00). Dan jam lembur itu sendiri dilakukan setelah jam kerja normal selesai.

Menambah 1-3 jam atau sesuai dengan waktu penambahan yang diinginkan, biasanya dilakukan untuk penambahan jam kerja (lembur). Karena semakin besar penambahan

jam kerja lembur, produktivitas pekerja akan turun. Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa ada Indikasi dari penuruna produktivitas pekerja.



Gambar 1 Grafik indikasi penurunan produktivitas karena adanya penambahan jam kerja (Soeharto,1997).

Dari uraian di atas dapat ditulis sebagai berikut :

1. Produktivitas harian  

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}}$$
2. Produktivitas tiap jam  

$$= \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja per hari}}$$
3. Produktivitas harian setelah *crash*  

$$= (\text{jam kerjaj per hari} \times \text{Produktivitas tiap jam}) + (a \times b \times \text{Produktivitas tiap jam})$$

Dengan :

a = lama penambahan jam lembur  
 b = koefisien penurunan produktivitas akibat penambahan jam lembur.

Nilai koefisien penurunan produktivitas akibat penambahan jam lembur dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Koefisien penurunan produktivitas (Soeharto,1997)

Jam Lembur	Penurunan Indeks Produktivitas	Prestasi Kerja (%)
1 jam	0,1	90
2 jam	0,2	80
3 jam	0,3	70

4. *Crash Duration*  

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas harian setelah } crash}$$

## Pelaksanaan Penambahan Tenaga Kerja

Untuk penambahan tenaga kerja dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut :

1. Jumlah tenaga kerja normal  

$$= \frac{\text{koefisien tenaga kerja} \times \text{volume}}{\text{durasi normal}}$$
2. Jumlah tenaga kerja percepatan  

$$= \frac{\text{koefisien tenaga kerja} \times \text{volume}}{\text{durasi percepatan}}$$

Jumlah dari tenaga kerja normal dan jumlah pekerja setelah ditambah karena percepatan durasi dapat dilihat dari persamaan diatas.

## Biaya Tambahan Pekerja (*Crash Cost*)

Penambahan biaya yang besar untuk tenaga kerja terjadi jika proyek melakukan penambaha waktu kerja. Sesuai Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7, dan pasal 11 diperhitungkan bahwa upah penambahan tenaga kerja bervariasi. Para pekerja akan mendapatka tambahan upah 1,5 kali upah perjam waktu normal jika terjadi penambahan waktu kerja satu jam pertama dan ketika penambahan jam kerja berikutnya para pekerja akan mendapatkan 2 kali upah perjam waktu normal.

Untuk perhitungan biaya tambahan pekerja dapat di rumuskan sebagai berikut :

1. Normal biaya pekerja perhari  

$$= \text{Produktivitas harian} \times \text{Harga satuan upah pekerja}$$
2. Normal biaya pekerja perjam  

$$= \text{Produktivitas perjam} \times \text{Harga satuan upah pekerja.}$$
3. Biaya lembur pekerja  

$$= 1,5 \times \text{upah perjam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) pertama} + (2 \times n \times \text{upah perjam normal untuk penambahanjamkerja (lembur) berikutnya})$$

Dengan n = jumlah penambah jam kerja (lembur)

4. *Crash cost* pekerja perhari

= (jam kerja perhari x normal biaya pekerja) + (n x biaya lembur perjam)

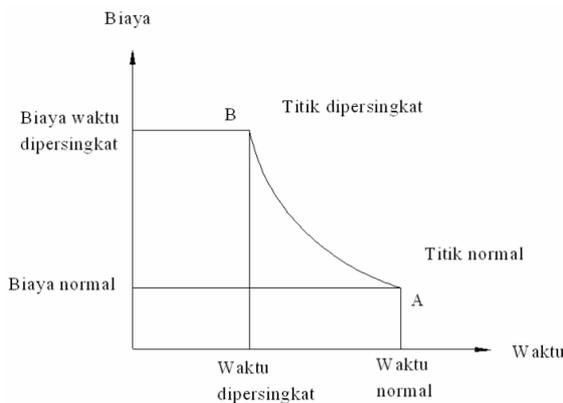
5. *Cost slope*

$$= \frac{\text{Crash cost} - \text{Biaya normal}}{\text{durasi normal} - \text{durasi crash}}$$

**Hubungan Antara Biaya dan Waktu**

Menurut Arvianto dkk (2017) dalam penjadwalan proyek, ketika akan membuat hubungan biaya dan waktu untuk masing-masing aktivitas pada proyek diperhitungkan aspek biayanya. Hubungan waktu dan biaya saling berkaitan erat dengan perubahan waktu dan biaya. Dalam hal ini faktor-faktor yang berpengaruh seperti durasi normal (*normal duration*), durasi percepatan (*crash duration*), biaya normal (*normal duration*), dan biaya percepatan (*crash cost*) (Andhita dan Dani, 2017).

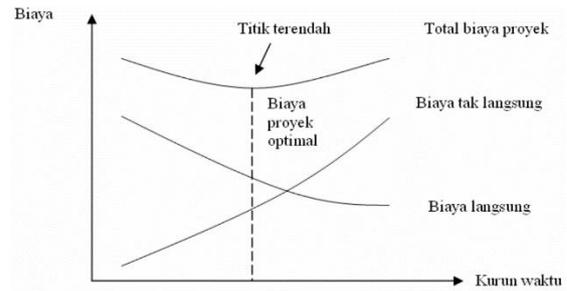
Pada suatu proyek biaya total proyek sangat bergantung dengan waktu penyelesaian proyek. Pada Gambar 2 dapat dilihat hubungan antara waktu dengan biaya.



Gambar 2 Grafik hubungan waktu - biaya normal dan dipersingkat untuk suatu kegiatan (Soeharto, 1997).

Pada Gambar 2 titik A menunjukkan kondisi normal, titik B menunjukkan kondisi ketika dipercepat. Sedangkan garis yang menghubungkan antar titik disebut dengan kurva waktu biaya. Kurva di atas menunjukkan semakin tinggi penambahan jam kerja (lembur) maka semakin cepat waktu penyelesaian proyek. Tetapi biaya yang akan dikeluarkan semakin besar. Untuk hubungan biaya total, biaya langsung, dan biaya tak langsung dapat dilihat pada Gambar 3. Grafik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa biaya optimal didapat

dengan mencari total biaya proyek yang terkecil.



Gambar 3 Grafik hubungan waktu - biaya total, biaya langsung, biaya tak langsung dan biaya optimal (Soeharto, 1997).

**Critical Path Methode (CPM)**

CPM (*Critical Path Method*) merupakan suatu metode yang menggunakan *arrow diagram* untuk menentukan lintasan kritis atau bisa disebut juga sebagai lintasan kritis (Priyo dan Aulia, 2015). Fungsi dari lintasan kritis adalah untuk mengetahui dengan cepat kegiatan - kegiatan yang tingkat kepekaannya tinggi terhadap keterlambatan pelaksanaan sehingga setiap saat dapat ditentukan tingkat prioritas kebijaksanaan penyelenggaraan proyek jika kegiatan tersebut terlambat.

Untuk mengidentifikasi jalur kritis dipakai suatu cara yang disebut hitungan maju. Perhitungan maju digunakan untuk menghitung EET (*Earliest Even Time*). EET adalah peristiwa paling awal atau waktu yang cepat dari event. (Soeharto, 1995)

$$EET j = (EET i + D_{ij}) \max$$

Dimana :

EET j = waktu mulai paling cepat dari event i

EET j = waktu mulai paling cepat dari event j

D<sub>ij</sub> = durasi untuk melakukan suatu kegiatan antara event i dan event j

Perhitungan mundur ini digunakan untuk menghitung LET (*Latest Event Time*). LET adalah peristiwa paling akhir atau waktu paling lambat dari event (Soeharto, 1995)

$$LET i = (LET j - D_{ij}) \min$$

Dimana :

LET i = waktu mulai paling lambat dari event i

LET j = waktu mulai paling lambat dari event j

D<sub>ij</sub> = durasi untuk melakukan kegiatan antara event i dan event j

Pada perhitungan LET tidak berbeda dengan cara perhitungan EET, hanya perhitungan LET dimulai dari kegiatan terakhir (dari kanan) ke kegiatan awal (start) dan apabila terdapat lebih dari satu kegiatan (termasuk *dummy*) maka dipilih LET yang minimum.

### Biaya Denda

Pelaksanaan pekerjaan pada suatu proyek jika tidak cepat diselesaikan akan menyebabkan keterlambatan. Keterlambatan penyelesaian proyek akan membuat pelaksana lapangan (kontraktor) terkena sanksi berupa denda yang telah disepakati dalam dokumen kontrak. Dengan catatan denda perhari akibat keterlambatan sebesar 1/1000 dari nilai kontrak.

Besarnya biaya denda dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Total denda} = \text{total waktu keterambatan} \times \text{denda perhari akibat keterlambatan}$$

### Program Microsoft Project

Menurut Prio dan Sumanto (2016) *software Microsoft Project* merupakan suatu program pengolah lembar kerja digunakan untuk manajemen suatu proyek, pencarian data, dan pembuatan grafik. *Software* ini sangat mendukung proses administrasi suatu proyek karena kemudahan penggunaan dalam perencanaan manajemen konstruksi dan keleluasaan lembar kerja serta cakupan unsur-unsur proyek.

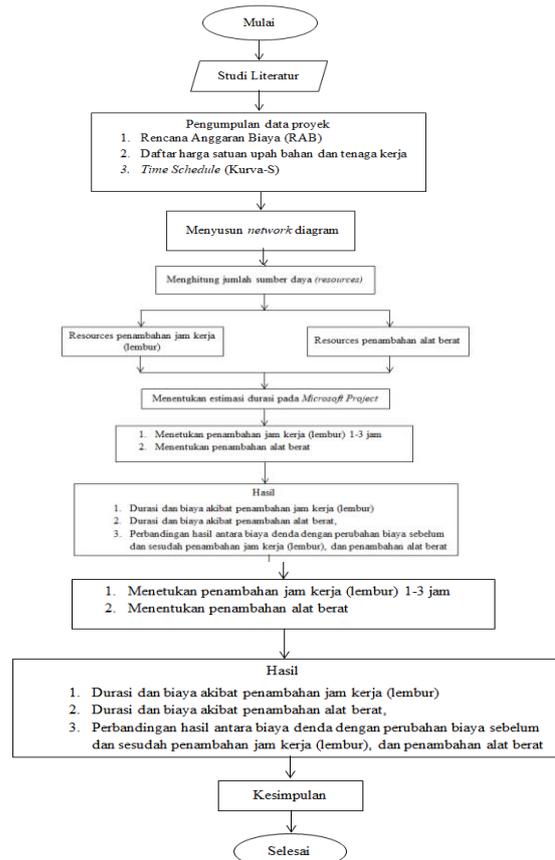
Kelebihan dari *Microsoft Project* itu sendiri dapat menangani suatu perencanaan kegiatan, pengorganisasian, serta pengendalian waktu dan biaya yang merubah *input* data (manusia, material, mata uang, alat, dan kegiatan lainnya) menjadi *output* data sesuai dengan tujuannya. Sedangkan keuntungan dari *Microsoft Project* dapat melakukan penjadwalan secara efektif dan efisien, informasi biaya selama priode dapat diperoleh secara langsung, mudah untuk melakukan modifikasi dan penyusunan jadwal yang tepat akan lebih mudah dihasilkan dalam waktu yang cepat.

## 3. Metode Penelitian

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Jembatan Kali Kabuyutan Jalan Poros Desa Kemurang Sengon yang berlokasi di Jalan Cemara, Desa Sengon, Kecamatan Tanjung, Kabupaten Brebes.

### Tahap Penelitian



#### Tahap 1 : Persiapan

Sebelum penelitian dilakukan adakalanya kita harus melakukan studi literatur guna memperdalam ilmu yang berkaitan dengan topik penelitian. Lalu menentukan rumusan masalah sampai dengan komplesi data.

#### Tahap 2 : Pengumpulan Data

Mengumpulkan data yang diperlukan dari suatu pelaksanaan proyek konstruksi. Data tersebut meliputi:

##### A. Variabel Waktu

Data yang dibutuhkan pada variabel waktu meliputi :

- a. Data *time schedule* (Kurva-S) meliputi:
  - 1) Kegiatan pekerjaan

2) Durasi kegiatan

#### B. Variabel Biaya

Data yang dibutuhkan pada variabel biaya meliputi :

- a. Rencana anggaran biaya (RAB)
  - 1) Detail biaya pekerjaan
  - 2) Daftar harga upah dan bahan
  - 3) Analisa harga satuan pekerjaan

#### Tahap 3 : Analisis Data

Program bantu yang akan digunakan berupa *Microsoft Project 2010*, Metode *Time Cost Trade Off* dan *Microsoft Excel 2010* fungsinya untuk menganalisa percepatan dengan aplikasi program dan pembahasan analisis data.

### 4. Hasil dan Pembahasan

#### Data Penelitian

Data umum Proyek Pembangunan Jembatan Kali Kabuyutan Jalan Poros Desa Kemurang-Sengon, dengan rincian sebagai berikut :

Kontraktor Utama : PT. A  
 Konsultan Pelaksana : PT. B  
 Nilai Proyek : RP1.169.719.631,00  
 Waktu Pelaksanaan : 147 Hari kerja  
 Tanggal mulai : 19 Juli 2018

#### Data- Data Kegiatan Kritis

Tabel 2 menjelaskan beberapa uraian kegiatan pekerjaan yang akan dipercepat berdasarkan lintasan kritisnya, yaitu yang memiliki unsur pekerjaan dan alat berat

Tabel 2 Daftar kegiatan kritis pada kondisi normal

Kode	Task Name	Durasi (Hari)
GT	Galian Tanah (Sumuran ,Abutment, Pilar)	14
PBPS	Penulangan Beton (Pondasi Sumuran)	14
BPS	Bekisting (Pondasi Sumuran)	7
PBAS	Penulangan Beton (Abutment, Sayap)	7
BA	Bekisting (Abutment)	7
PBP	Penulangan Beton (Pilar)	14
PIWF	Pasang IWF 400.200.8.13	14
PBLT	Penulangan Beton (Lantai + Tiang Sandaran)	21
BBA	Bekisting (Bangunan atas)	21
PBT	Penulangan Beton Tahud	7
PBS	Perkerasan Beton Semen K-175	7
LPAKB	Lapis Pondasi Agregat Kelas B (Bahu jalan)	7
LPAC	Lapis Perekat - Aspal Cair (Track coat)	7
LKB	Latasir Kelas B (SS-B) Tebal 1,5 cm (manual)	7

#### Analisis Biaya Lembur untuk Tenaga Kerja

Analisis biaya lembur dihitung guna mencari besarnya upah biaya lembur dari tenaga kerja dan alat berat yang berfungsi untuk mengetahui biaya total dari suatu kegiatan yang akan dilakukan pelemburan. Salah satu contoh analisi perhitungan lembur dari tenaga kerja dan alat berat sebagai berikut :

Untuk *Resource Nama* : Pekerja  
 Biaya normal pekerja per jam (bn) : 9.000,00  
 Biaya lembur per jam :  
 Lembur 1 jam (L1) = 1,5 x bn  
 = 1,5 x 9.000,00  
 = Rp 13.500,00  
 Biaya per jam =  $\left(\frac{13.500,00}{1 \text{ jam}}\right)$   
 = Rp 13.500,00  
 Lembur 2 jam (L2) = L1 + (2,0 x 1 x bn)  
 = 13.000,00 + (2,0 x 1 x 9.000,00)  
 = Rp 31.500,00  
 Biaya per jam =  $\left(\frac{31.500,00}{2 \text{ jam}}\right)$   
 = Rp 15.750,00  
 Lembur 3 jam (L3) = L2 + (2,0 x 2 x bn)  
 = 31.500,00 + (2,0 x 2 x 9.000,00)  
 = Rp 49.500,00  
 Biaya per jam =  $\left(\frac{49.500,00}{3 \text{ jam}}\right)$   
 = Rp 16.500,00

#### Analisis Durasi Percepatan

Ketika menganalisis durasi pekerjaan dari suatu item pekerjaan, hal yang perlu diperhatikan adalah produktivitas normal alat berat, produktivitas lembur, kebutuhan alat per jam, serta volume dan durasi normal. Produktivitas kerja lembur untuk 1 jam per hari diperhitungkan sebesar 0,9 atau 90%, 2 jam per hari diperhitungkan sebesar 0,8 atau 80%, dan 3 jam per hari diperhitungkan sebesar 0,7 atau 70% dari produktivitas normal. Penurunan produktivitas untuk kerja lembur ini disebabkan oleh kelelahan pekerja, keterbatasan pandangan pada malam hari ketika bekerja, serta keadaan cuaca yang dingin dan cuaca yang tidak memungkinkan untuk melakukan pekerjaan. Salah satu contoh perhitungannya diambil pada

kegiatan Lapis Pondasi Agregat Kelas B adalah sebagai berikut :

a. Durasi yang bisa dipercepat berdasarkan penambahan 1 jam lembur

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas perhari} &= \frac{\text{volume}}{\text{durasi normal}} \\ &= \frac{11,25}{7} \\ &= 1,61 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Produktivitas normal} &= \frac{\text{produktivitas perhari}}{\text{jam kerja normal}} \\ &= \frac{1,61}{7} \\ &= 0,23 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Durasi percepatan (Dp) lembur 1 jam :

$$\begin{aligned} \text{Dp 1 jam} &= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(\Sigma pp \times Pn \times jl) + (pn \times jk)} \\ &= \frac{11,25 \text{ m}^3}{(0,9 \times 0,23 \times 1) + (0,23 \times 7)} \end{aligned}$$

$$= 6,20 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Maksimal Crashing} &= \text{Durasi normal} - \text{Durasi percepatan} \\ &= 7 \text{ hari} - 6,20 \text{ hari} \\ &= 0,8 \text{ hari} \end{aligned}$$

### Analisis Biaya Percepatan

Biaya percepatan adalah suatu biaya yang diperoleh akibat durasi percepatan oleh lembur 1 – 3 jam dalam sehari. Untuk kegiatan kritis yang akan dihitung biaya percepatannya berdasarkan penambahan jam lembur dan durasi percepatan menggunakan *Microsoft Project 2010* dan di kontrol dengan *Microsoft Excel 2010*. Untuk salah satu contoh perhitungannya dapat dilakukan sebagai berikut :

#### 1) Kondisi Normal

Nama pekerjaan : Lapis Pondasi Agregat Kelas B (Bahu Jalan)

Volume pekerjaan : 11,25 m<sup>3</sup>

Durasi pekerjaan : 7 Hari (dengan jam kerja 7 jam / hari)

Biaya total *resource*

$$\begin{aligned} &= (\text{Biaya total tenaga kerja} \times \text{durasi}) + \text{Total harga material} \\ &= (\text{Rp } 335.289,83 \times 7 + \text{Rp } 2.398.495,84 + \text{Rp } 11.250,00) \\ &= \text{Rp } 4.756.774,62 \end{aligned}$$

#### 2) Kondisi Lembur 1 Jam

Total biaya percepatan 1 jam :

$$\begin{aligned} \text{Tbp} &= \text{Total harga material} + (\text{Total biaya resource} \times \text{percepatan} \times \text{durasi}) \\ &= 2.409.745,84 + (\text{Rp } 386.090,65 \times 6,20) \\ &= \text{Rp } 4.804.485,30 \end{aligned}$$

#### 3) Kondisi Lembur 2 Jam

Total biaya percepatan 1 jam :

$$\begin{aligned} \text{Tbp} &= \text{Total harga material} + (\text{Total biaya resource} \times \text{percepatan} \times \text{durasi}) \\ &= 2.409.745,84 + (\text{Rp } 439.793,74 \times 5,57) \\ &= \text{Rp } 4.858.597,36 \end{aligned}$$

#### 4) Kondisi Lembur 2 Jam

Total biaya percepatan 1 jam :

$$\begin{aligned} \text{Tbp} &= \text{Total harga material} + (\text{Total biaya resource} \times \text{percepatan} \times \text{durasi}) \\ &= 2.409.745,84 + (\text{Rp } 493.496,84 \times 5,05) \\ &= \text{Rp } 4.8902.668,01 \end{aligned}$$

Tabel 3 Hasil perhitungan analisis biaya percepatan pada *Microsoft Project 2010* dengan waktu lembur 1 jam

Kegiatan	Biaya	
	Normal	Lembur 1 jam
Galian Tanah (Sumuran Abutment, Pilar)	Rp 5.341.366,80	Rp 5.747.040,23
Penulangan Beton (Pondasi Sumuran)	Rp 15.952.647,70	Rp 16.069.168,53
Bekisting (Pondasi Sumuran)	Rp 11.668.083,00	Rp 11.814.269,48
Penulangan Beton (Abutment, Sayap)	Rp 37.218.134,49	Rp 37.489.982,03
Bekisting (Abutment)	Rp 5.319.293,95	Rp 6.236.911,68
Penulangan Beton (Pilar)	Rp 14.046.006,37	Rp 14.148.600,77
Pasang IWF 400.200.8.13	Rp 354.439.800,00	Rp 365.483.688,61
Penulangan Beton (Lantai+ Tiang Sandaran)	Rp 72.399.370,30	Rp 72.928.187,53
Bekisting (Bangunan atas)	Rp 12.474.975,00	Rp 12.631.270,82
Penulangan Beton Tahud	Rp 33.159.600,27	Rp 33.401.803,59
Perkerasan Beton Semen K-175	Rp 102.101.124,84	Rp 102.603.077,96
Lapis Pondasi Agregat Kelas B (Bahu jalan)	Rp 4.756.774,62	Rp 4.804.485,30
Lapis Perekat - Aspal Cair (Track coat)	Rp 1.483.273,15	Rp 1.483.925,25
Latasir Kelas B (SS-B) Tebal 1,5 cm (manual)	Rp 20.567.611,41	Rp 20.824.312,18

### Analisis Cost Variance, Cost Slope, dan Duration Variance

a. *Cost Variance* sebagai contoh diambil salah satu contoh item pekerjaan untuk perhitungan analisis *cost variance* :

$$\text{Selisih Biaya} = \text{Biaya percepatan} - \text{Biaya normal}$$

$$\text{Biaya normal} : \text{Rp } 4.757.620,00$$

Biaya percepatan :

$$\text{Lembur 1 jam} = \text{Rp } 4.804.475,00$$

$$\text{Lembur 2 jam} = \text{Rp } 4.858.631,00$$

$$\text{Lembur 3 jam} = \text{Rp } 4.902.688,00$$

Selisih biaya :

$$\text{Lembur 1 jam} = \text{Rp } 4.804.475,00 - \text{Rp } 4.757.620,00$$

$$= 46.855,00$$

b. *Cost Slope* adalah perbandingan selisih biaya normal dengan biaya percepatan dan selisih durasi normal dengan durasi percepatan. Berikut adalah contoh perhitungan *cost slope* pada pekerjaan sebagai berikut :

Nama pekerjaan : Lapis Pondasi Agregat Kelas B (Bahu Jalan)

*Cost variance* :

Lembur 1 jam = Rp 46.855,00  
 Lembur 2 jam = Rp 101.011,00  
 Lembur 3 jam = Rp 145.068,00

*Duration variance*:

Lembur 1 jam = 0,80 hari  
 Lembur 2 jam = 1,43 hari  
 Lembur 3 jam = 1,95 hari

*Cost slope* :

Lembur 1 jam =  $\text{Cost variance} / \text{Duration variance}$   
 = Rp 46.855,00 / 0,80 hari  
 = Rp 58.754,68

Tabel 4 Hasil *cost slope* untuk waktu lembur 1 jam

Task Name	Selisih Biaya	Selisih Durasi(Hari)	Cost Slope ( Rp/Hari)
Galian Tanah (Sumuran ,Abutment, Pilar)	Rp 404.667,00	1,59	Rp 253.719,79
Penulangan Beton (Pondasi Sumuran)	Rp 117.231,00	1,59	Rp 73.501,98
Bekisting (Pondasi Sumuran)	Rp 146.037,00	0,80	Rp 183.125,76
Penulangan Beton (Abutment, Sayap)	Rp 271.937,00	0,80	Rp 341.000,37
Bekisting (Abutment)	Rp 917.361,00	0,80	Rp 1.150.341,57
Penulangan Beton (Pilar)	Rp 102.297,00	1,59	Rp 64.138,60
Pasang IWF 400.200.8.13	Rp 11.043.818,00	1,59	Rp 6.924.298,59
Penulangan Beton (Lantai + Tiang Sandaran)	Rp 532.108,00	2,39	Rp 222.415,51
Bekisting (Bangunan atas)	Rp 153.807,00	2,39	Rp 64.289,70
Penulangan Beton Tahad	Rp 241.123,00	0,80	Rp 302.360,59
Perkerasan Beton Semen K-175	Rp 504.498,00	0,80	Rp 632.624,48
Lapis Pondasi Agregat Kelas B (Bahu jalan)	Rp 46.855,00	0,80	Rp 58.754,68
Lapis Peretak - Aspal Cair (Track coat)	Rp (277,00)	0,80	Rp (347,35)
Latasir Kelas B (SS-B) Tebal 1,5 cm (manual)	Rp 256.230,00	0,80	Rp 321.304,29

### Analisis Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung merupakan biaya yang tidak berhubungan langsung dengan proyek konstruksi tetapi sangat dibutuhkan selama proyek berlangsung dan tidak dapat dilepaskan dari suatu proyek konstruksi. Biaya – biaya yang termasuk dalam biaya tidak langsung seperti biaya *overhead* (biaya konsultan, gaji staf, pajak, peralatan konstruksi, dan fasilitas di lokasu proyek)

### Menentukan biaya tidak langsung

Penentuan biaya tidak langsung berdasarkan hasil dan penelitian Soemardi dan Kusumawardani (2010). Berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$y = -0,95 - 4,888 (\ln(x1 - 0,21) - \ln(x2)) + \varepsilon$$

dimana :

$x1$  = Nilai total proyek

$x2$  = Durasi proyek  
 $\varepsilon$  = *Random error*  
 $y$  = Prosentase biaya tidak langsung sehingga biaya tidak langsung dari proyek adalah sebagai berikut :

$$x1 = \text{Rp } 1.169.719.631,00$$

$$x2 = 147 \text{ Hari}$$

$$\varepsilon = \text{Random error}$$

$$y = -0,95 - 4,888 (\ln(x1 - 0,21) - \ln(x2)) + \varepsilon$$

$$y = -0,95 - 4,888 (\ln(1.169.719.631,00 - 0,21) - \ln(147)) + \varepsilon$$

$$y = 23,64 \%$$

Biaya tidak langsung  
 =  $y \times x1$   
 =  $23,64 \% \times \text{Rp } 1.169.719.631,00$   
 = Rp 276.570.850,72

### Analisis Biaya Langsung

Biaya langsung atau *direct cost* merupakan seluruh biaya yang berkaitan langsung dengan fisik proyek, untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek.

Untuk menentukan biaya langsung terhadap total durasi proyek dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Biaya langsung = Nilai total proyek – Biaya tidak langsung  
 Sehingga nilai dari biaya langsung pada proyek adalah :

$$\text{Biaya langsung} = \text{Rp } 1.169.719.631,00 - \text{Rp } 276.570.850,00$$

$$= \text{Rp } 893.148.780,28$$

### Analisis Biaya Total

Total biaya merupakan penjumlahan dari biaya tidak langsung dan biaya langsung. Dalam menentukan biaya terhadap biaya total durasi proyek dapat dilakukan dengan persamaan berikut :

$$\text{Total biaya} = \text{Biaya langsung} + \text{Biaya tidak langsung}$$

Sehingga, nilai dari total biaya pada proyek adalah :

$$\text{Total biaya} = \text{Rp } 893.148.780,28 + \text{Rp } 276.570.850,72$$

$$= \text{Rp } 1.169.719.631,00$$

## Analisa Biaya Penambahan Alat

### Kondisi Lembur Setara dengan 1 Jam

Nama pekerjaan : Lapis Pondasi Agregat Kelas B (Bahu Jalan)  
 Volume pekerjaan : 11,25 m<sup>3</sup>  
 Durasi pekerjaan : 7 Hari (dengan jam kerja (jk) 7 jam / hari)  
 Durasi Percepatan : 6,20 Hari (dengan jam kerja (jk) 7 jam / hari)

Kebutuhan *resource* (kr) :  
 Pekerja = 0,016 orang/jam  
 Mandor = 0,002 orang/jam  
 Agregat B = 14,1594 m<sup>3</sup>  
 Wheel Loader = 0,002 unit/jam  
 Dump Truck = 0,218 unit/jam  
 Tandem Roller = 0,011 unit/jam  
 Water Tanker = 0,004 unit/jam  
 Alat bantu = 12,500 Ls

Biaya *resource* (Brj) :  
 Pekerja = Rp 9.000,00 /jam  
 Mandor = Rp 12.857,14/jam  
 Agregat B = Rp 169.393,02/Kg  
 Wheel Loader = Rp 521.400,00/jam  
 Dump Truck = Rp 218.500,00/jam  
 Tandem Roller = Rp 371.600,00/jam  
 Water Tanker = Rp 225.200,00/jam  
 Alat bantu = Rp 1.000,00 /Ls

Biaya *resource* perhari (Brh) :  
 $Brh = jk \times kr \times Brj$

Sehingga,  
 Brh Pekerja =  $7 \times 0,016 \times 9.000,00$   
 = Rp 976,50 /hari  
 Brh Mandor =  $7 \times 0,0020 \times 12.857,14$   
 = Rp 207,00 /hari  
 Brh Wheel Loader =  $7 \times 0,002 \times 521.400,00$   
 = Rp 8.394,54 /hari  
 Brh Dump Truck =  $7 \times 0,218 \times 218.500,00$   
 = Rp 333.889,85/hari  
 Brh Tandem Roller =  $7 \times 0,011 \times 371.600,00$   
 = Rp 28.873,32/hari  
 Brh Water Tanker =  $7 \times 0,004 \times 225.200,00$   
 = Rp 6.609,68 /hari

Biaya normal total *resource* harian (Btrh) :  
 Btrh =  $\Sigma Brh$

= (Pekerja + Mandor + Wheel Loader + Dump Truck + Tandem Roller + Water Tanker)  
 = 976,50+ 207,00+ 8.394,54+ 333.889,85+ 28.873,32+ 6.609,68  
 = Rp 378.950,89 /hari

Analisa perhitungan biaya material atau bahan sebagai berikut :

Biaya total *resource* = Jumlah harga satuan x volume

Agregat B = Rp 213.199,63 x 11,25 m<sup>3</sup>  
 = Rp 2.398.495,84  
 Alat bantu = Rp 1.000,00 x 11,25 m<sup>3</sup>  
 = Rp 11.250,00

Biaya total *resource* (Btr) :

Btr = (Btrh x durasi) + Agregat B + Alat bantu  
 = (Rp 378.950,89 /hari x 7 /hari) + Rp 2.398.495,84 + Rp 11.250,00  
 = Rp 4.760.200,73

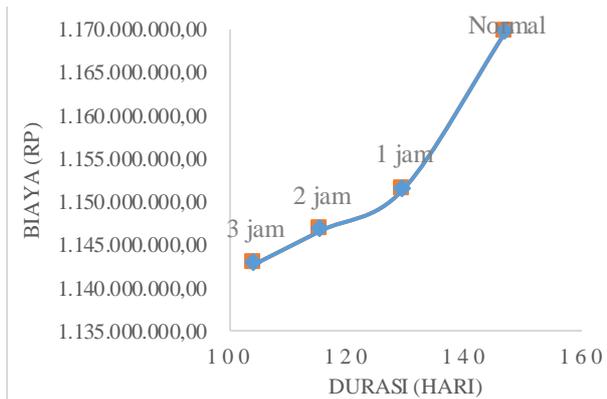
### Analisa Perbandingan Antara Penambahan Jam Lembur dan Penambahan Alat Berat

Berdasarkan penerapan metode *Time cost trade off* antara penambahan jam kerja atau waktu lembur selama 1- 3 jam dengan penambahan alat berat dan tenaga kerja didapatkan perbedaan – perbedaan hasil. Berikut adalah tabel analisis dari perbandingan antara penambahan jam lembur dengan penambahan alat berat :

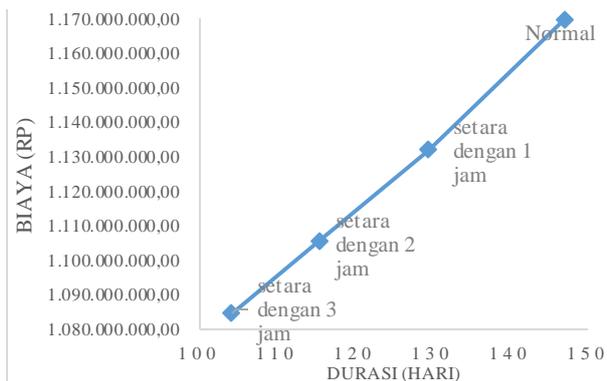
Tabel 5 perbandingan biaya penambahan jam lembur dengan biaya penambahan alat berat

Kode	Durasi (Hari)		Total Biaya (Rp)	
	Normal	Crash	Penambahan Jam Kerja	Penambahan Alat
GT	14	12,41	1.148.716.590,57	1.152.930.392,17
PBPS	14	12,41	1.156.636.084,74	1.142.429.060,89
BPS	7	6,20	1.155.281.737,38	1.166.344.353,80
PBAS	7	6,20	1.144.984.727,49	1.145.428.836,65
BA	7	6,20	1.143.405.817,76	1.163.989.092,84
PBP	14	12,41	1.163.866.968,55	1.149.929.534,81
PWF	14	12,41	1.151.448.867,04	1.146.928.938,06
PBLT	21	18,61	1.151.312.692,29	1.134.932.362,29
BBA	21	18,61	1.159.519.622,47	1.157.433.493,62
PBT	7	6,20	1.147.457.329,21	1.155.932.100,90
PBS	7	6,20	1.143.988.841,12	1.131.937.122,36
LPAKB	7	6,20	1.166.765.440,28	1.133.434.558,66
LPAC	7	6,20	1.168.218.969,64	1.139.429.751,55
LKB	7	6,20	1.146.213.174,85	1.140.929.332,10

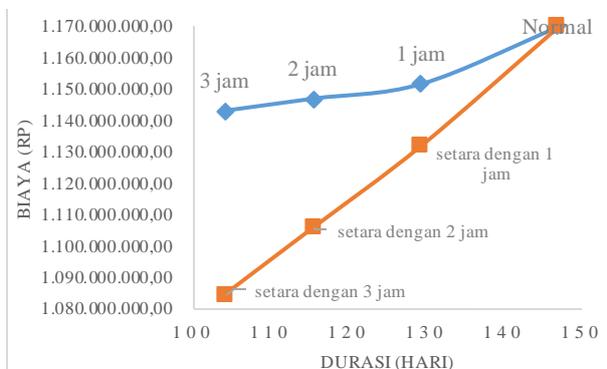
Kemudian didapatkan perbandingan biaya normal dengan penambahan alat dan tenaga kerja seperti di bawah ini :



Gambar 4 Perbandingan biaya normal dengan penambahan jam kerja (lembur)



Gambar 5 Perbandingan biaya normal dengan penambahan alat



Gambar 6 Perbandingan biaya normal dengan penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan alat

### Analisis Biaya Denda Akibat Keterlambatan

Untuk biaya denda akibat keterlambatan proyek dapat dihitung dengan rumus dibawah ini :

$$\text{Total denda} = \text{total hari keterlambatan} \times \text{denda perhari}$$

Denda perhari sebesar 1 ‰ (satu permil) dari nilai kontrak

Dibawah ini salah satu contoh perhitungan biaya denda untuk pekerjaan LPAKB :

$$\begin{aligned} \text{Total keterlambatan} &= 0,80 \text{ hari} \\ \text{Biaya total proyek} &= \text{Rp } 1.169.719.631,00 \\ \text{Total denda} &= 0,80 \times \frac{1}{1000} \times 1.169.719.631,00 \\ &= \text{Rp } 932.814,39 \end{aligned}$$

### 5. Kesimpulan

Berdasarkan data serta hasil penelitian analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada Proyek Pembangunan Jembatan Kali Kabuyutan di Jalan Poros Desa Kemurang-Sengon didapatkan hasil kesimpulan, sebagai berikut:

1. Waktu dan biaya proyek pada kondisi normal dengan durasi 147 hari dengan biaya sebesar Rp 1.169.719.631,00
2. Setelah dilakukan penambahan 1 jam kerja atau lembur didapat durasi *crashing* sebesar 129,46 hari dengan biaya sebesar Rp 1.151.448.867,04. Selanjutnya, untuk penambahan 2 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* sebesar 115,50 hari dengan biaya sebesar Rp. 1.146.692.609,70. Sedangkan untuk penambahan 3 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* sebesar 104,13 hari dengan biaya sebesar Rp 1.142.818.828,58.
3. Pada penambahan alat berat 1 jam didapatkan pada umur proyek 129,46 hari kerja dengan total biaya Rp 1.131.937.122,36. Untuk penambahan alat 2 jam didapatkan pada umur proyek 115,50 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp 1.105.698.013,12. Sedangkan untuk penambahan alat 3 jam didapatkan pada umur proyek 104,13 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp 1.084.335.943,78.
4. Biaya setelah dilakukan percepatan dengan penambahan jam kerja lembur dan penambahan alat didapatkan bahwa, percepatan penambahan alat 3 jam dengan durasi *crashing* sebesar 104,13 hari dengan biaya sebesar Rp 1.084.335.943,78 lebih efisien dan lebih murah jika dibandingkan dengan penambahan jamkerja lembur dan juga lebih murah jika dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan apabila

proyek tersebut mengalami keterlambatan pelaksanaan yang akan dikenakan denda.

## 6. Daftar Pustaka

- Andhita, A.P., dan Dani, H., 2017, Analisis Pemampatan Waktu Terhadap Biaya pada Pembangunan My Tower Hotel & Apartemen Project dengan menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO). *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 3 (3), 47-55.
- Anggraeni, E.R., Hartono, W., Sugiyarto., 2017, Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Crashing dengan Penambahan Tenaga Kerja dan Shift Kerja (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha), e-*Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 5 (2), 605-614.
- Arvianto, R., Handayani, F.S., Setiono., 2017, Optimasi Biaya dan Waktu Dengan Metode Time Cost Trade Off, *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, Vol. 5, pp, 69-70.
- Bangun, T.D., Irwan, H., dan Purabasari, A., 2016, Analisis Percepatan Proyek Dengan Critical Path Method Pada Proyek Pembangunan Ruang Akomodasi 50Pack AWB (Studi Kasus PT. Trikarya Alam), *Profisiensi*, 4 (1), 58-67.
- Chusairi, M., dan Suryanto, M., 2015, Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan Gedung Baru Tipe B SMPN Baru Siwalankerto. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 2 (1), 9- 15.
- Hutasoit, P. H., Sompie, B. F., dan Pratas, P., 2014, Pengaruh Percepatan Durasi Terhadap Peningkatan Biaya Pada Konstruksi (Studi Kasus; Perumahan Puri Kelapa Gading), *Jurnal Tekno Sipil*, Vol. 12, pp. 54-63.
- Izzah, N., 2017, Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) pada Proyek Pembangunan Perumahan di PT.X. *Jurnal Rekayasa*, 10 (1), 51-58.
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004. Tentang Waktu Lembur dan Upah Kerja Lembur.
- Priyo, M., dan Aulia, M.R., 2015, Aplikasi Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 18 (1), 30-43.
- Priyo, M., dan Sumanto A., 2016, 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, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 19 (1), 1-15.
- Soeharto I., 1995, Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional, Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, I., 1997, Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional, Jilid II Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, I., 1999, Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional Jilid I Edisi Kedua. Erlangga: Jakarta.
- Soemardi, B. W., dan Kusumawardani, R. G., 2010. Studi Praktek Estimasi Biaya Tidak Langsung pada Proyek Konstruksi. Konferensi Nasional Teknik Sipil, 4.
- Wohon, F.Y., Mandagi, R.J.M., dan Pratas, P.A.K., 2015, Analisa Pengaruh Percepatan Durasi Pada Biaya Proyek Menggunakan Program Microsoft Project 2013 (Studi Kasus : Pembangunan Gereja GMIM Syaloom Karombasan), *Jurnal Sipil Statik*, 3 (2), 141-150.