

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Permasalahan konstruksi yang sering terjadi pada suatu proyek adalah keterlambatan dalam pelaksanaan proyek. Keterlambatan pada proyek merupakan hal yang tidak boleh terjadi, namun jika terjadi akan menyebabkan efek samping bagi proyek, baik secara langsung maupun tidak langsung. Tolak ukur keberhasilan proyek biasanya bisa dilihat dari waktu penyelesaian proyek yang singkat dengan biaya yang minimal tanpa meninggalkan mutu hasil pekerjaan. Pengelolaan proyek secara sistematis diperlukan untuk memastikan waktu pelaksanaan proyek sesuai dengan kontrak atau bahkan lebih cepat sehingga biaya yang dikeluarkan bisa memberikan keuntungan. Dan juga menghindarkan dari adanya denda akibat keterlambatan penyelesaian proyek.

Pada perencanaan proyek konstruksi, waktu dan biaya yang dioptimalkan sangat penting untuk diketahui. Dari waktu dan biaya yang optimal maka pelaksana proyek bisa mendapatkan keuntungan yang maksimal. Untuk bisa mendapatkan hal tersebut maka yang harus dilakukan dalam optimasi waktu dan biaya adalah membuat jaringan kerja proyek (*network*), mencari kegiatan-kegiatan yang kritis dan menghitung durasi proyek serta mengetahui jumlah sumber daya (*resources*).

Penelitian ini membahas optimalisasi waktu proyek dan biaya proyek pada pelaksanaan Proyek Pembangunan Cek Dam dengan metode penambahan jam kerja (lembur) dan metode penambahan tenaga kerja.

Rumusan Masalah

Penelitian ini diharapkan dapat memiliki suatu kejelasan dalam pengerjaannya, sehingga dibuat rumusan masalah antara lain:

1. Berapakah besarnya perubahan waktu dan biaya pelaksanaan proyek antara sebelum dan sesudah penambahan jam kerja (lembur) ?
2. Berapakah besarnya perubahan antara waktu dan biaya pelaksanaan proyek sebelum dan sesudah penambahan tenaga kerja ?
3. Berapakah durasi optimal Proyek Pembangunan Cek Dam ?
4. Berapakah total biaya pelaksanaan Proyek Pembangunan Cek Dam dengan durasi proyek optimal ?
5. Bagaimanakah perbandingan durasi optimal dan biaya optimal dari penambahan jam

kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja ?

6. Bagaimanakah perbandingan biaya akibat penambahan jam kerja (lembur), biaya akibat penambahan tenaga kerja, dan biaya denda ?

Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis durasi yang optimal untuk menyelesaikan Proyek Pembangunan Cek Dam.
2. Menganalisis perkiraan biaya yang optimal akibat penambahan jam kerja (lembur) dibandingkan dengan penambahan tenaga kerja.
3. Menganalisis biaya akibat penambahan jam kerja (lembur), biaya akibat penambahan tenaga kerja dan biaya akibat denda.

Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai bahan pertimbangan dan masukan bagi perusahaan dalam mengambil keputusan yang berkaitan dengan kebijaksanaan pelaksanaan proyek.
2. Sebagai bahan acuan dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya dalam ilmu manajemen operasional dan dapat digunakan sebagai bahan kajian untuk penelitian yang akan datang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Novitasari (2014) menyebutkan bahwa mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. Ada kalanya jadwal proyek harus dipercepat dengan berbagai pertimbangan dari pemilik proyek. Proses mempercepat kurun waktu tersebut disebut *crash program*. Frederika (2010) menyatakan bahwa durasi percepatan maksimum dibatasi oleh luas proyek atau lokasi kerja, namun ada empat faktor yang dapat dioptimumkan untuk melaksanakan percepatan suatu aktivitas, yaitu meliputi penambahan jumlah tenaga kerja, penjadwalan lembur, penggunaan alat berat, dan pengubahan metode konstruksi di lapangan.

3. LANDASAN TEORI

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

Di dalam perencanaan suatu proyek disamping variabel waktu dan sumber daya, variabel biaya (*cost*) mempunyai peranan yang sangat penting. Biaya (*cost*) merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen, dimana biaya yang timbul harus dikendalikan seminim mungkin. Pengendalian biaya harus memperhatikan faktor waktu, karena terdapat hubungan yang erat antara waktu penyelesaian proyek dengan biaya-biaya proyek yang bersangkutan.

Sering terjadi suatu proyek harus diselesaikan lebih cepat daripada waktu normalnya. Dalam hal ini pimpinan proyek dihadapkan kepada masalah bagaimana mempercepat penyelesaian proyek dengan biaya minimum. Oleh karena itu perlu dipelajari terlebih dahulu hubungan antara waktu dan biaya. Analisis mengenai pertukaran waktu dan biaya disebut dengan *Time Cost Trade Off* (Pertukaran Waktu dan Biaya).

Didalam analisa *time cost trade off* ini dengan berubahnya waktu penyelesaian proyek maka berubah pula biaya yang akan dikeluarkan. Apabila waktu pelaksanaan dipercepat maka biaya langsung proyek akan bertambah dan biaya tidak langsung proyek akan berkurang.

Ada beberapa macam cara yang dapat digunakan untuk melaksanakan percepatan penyelesaian waktu proyek. Cara-cara tersebut antara lain :

- Penambahan jumlah jam kerja (kerja lembur).
- Penambahan tenaga kerja
- Pergantian atau penambahan peralatan
- Pemilihan sumber daya manusia yang berkualitas
- Penggunaan metode konstruksi yang efektif

Cara-cara tersebut dapat dilaksanakan secara terpisah maupun kombinasi, misalnya kombinasi penambahan jam kerja sekaligus penambahan jumlah tenaga kerja, biasa disebut giliran (*shift*), dimana unit pekerja untuk pagi sampai sore berbeda dengan dengan unit pekerja untuk sore sampai malam.

Produktivitas Pekerja

Produktivitas didefinisikan sebagai rasio antara *output* dan *input*, atau dapat dikatakan sebagai rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Didalam proyek

konstruksi, rasio dari produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi; yang dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, biaya material, metode, dan alat. Kesuksesan dari suatu proyek konstruksi salah satunya tergantung pada efektifitas pengelolaan sumber daya, dan pekerja adalah salah satu sumber daya yang tidak mudah untuk dikelola. Upah yang diberikan sangat tergantung pada kecakapan masing-masing pekerja dikarenakan setiap pekerja memiliki karakter masing-masing yang berbeda-beda satu sama lainnya.

Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Salah satu strategi untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah dengan menambah jam kerja (lembur) para pekerja. Penambahan dari jam kerja (lembur) ini sangat sering dilakukan dikarenakan dapat memberdayakan sumber daya yang sudah ada dilapangan dan cukup dengan mengefisienkan tambahan biaya yang akan dikeluarkan oleh kontraktor. Biasanya waktu kerja normal pekerja adalah 7 jam (dimulai pukul 08.00 dan selesai pukul 16.00 dengan satu jam istirahat), kemudian jam lembur dilakukan setelah jam kerja normal selesai.

Penambahan jam kerja (lembur) bisa dilakukan dengan melakukan penambahan 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam sesuai dengan waktu penambahan yang diinginkan.

Dari uraian di atas dapat ditulis sebagai berikut ini:

- Produktivitas harian

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

$$= \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja per hari}}$$
- Produktivitas harian sesudah *crash*

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

Dengan:
 $a =$ lama penambahan jam kerja (lembur)
 $b =$ koefisien penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja (lembur)
 Nilai koefisien penurunan produktivitas tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.
- Crash duration*

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

Tabel 1. Koefisien Penurunan Produktivitas

Jam	Penurunan	Prestasi
-----	-----------	----------

Lembur	Indeks Produktivitas	Kerja (%)
1 jam	0,1	90
2 jam	0,2	80
3 jam	0,3	70
4 jam	0,4	60

Biaya Tambahan Pekerja (Crash Cost)

Penambahan waktu kerja akan menambah besar biaya untuk tenaga kerja dari biaya normal tenaga kerja. Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 bahwa upah penambahan kerja bervariasi. Pada penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah perjam waktu normal dan pada penambahan jam kerja berikutnya maka pekerja akan mendapatkan 2 kali upah perjam waktu normal.

Perhitungan untuk biaya tambahan pekerja dapat dirumuskan sebagai berikut ini:

1. Normal ongkos pekerja perhari
= Produktivitas harian \times Harga satuan upah pekerja
2. Normal ongkos pekerja perjam
= Produktivitas perjam \times Harga satuan upah pekerja
3. Biaya lembur pekerja
= $1,5 \times$ upah sejam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) pertama
+ $2 \times n \times$ upah sejam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) berikutnya

Dengan:

n = jumlah penambahan jam kerja (lembur)

4. *Crash cost* pekerja perhari
= (Jam kerja perhari \times Normal *cost* pekerja) + ($n \times$ Biaya lembur perjam)

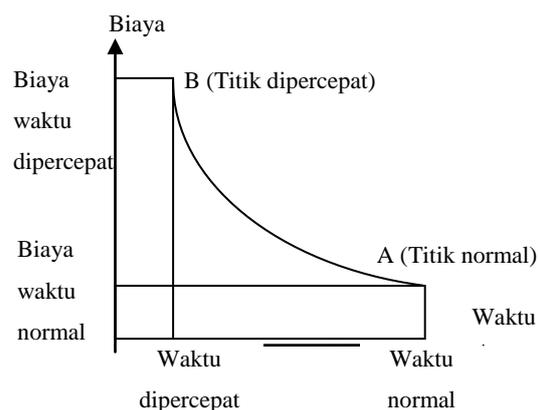
5. *Costslope*

$$= \frac{\text{Crashcost} - \text{Normalcost}}{\text{Durasinormal} - \text{Durasicrash}}$$

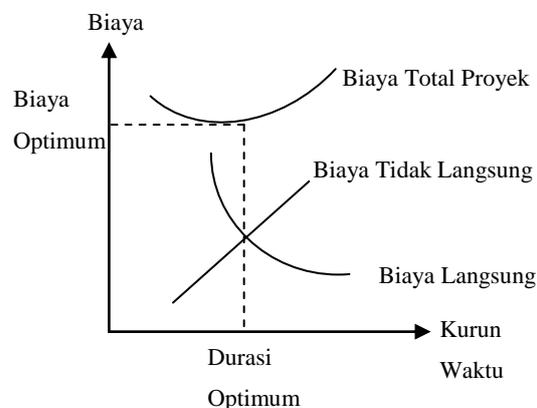
Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Biaya total proyek sama dengan penjumlahan dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya total proyek sangat bergantung dari waktu penyelesaian proyek. Hubungan antara biaya dengan waktu dapat dilihat pada Gambar 2. Titik A pada gambar menunjukkan kondisi normal, sedangkan titik B menunjukkan kondisi dipercepat. Garis yang menghubungkan antar titik tersebut disebut dengan kurva waktu biaya. Dari Gambar 2. terlihat bahwa semakin besar penambahan jumlah jam kerja (lembur)

maka akan semakin cepat waktu penyelesaian proyek, akan tetapi sebagai konsekuensinya maka terjadi biaya tambahan yang harus dikeluarkan akan semakin besar. Gambar 3. menunjukkan hubungan biaya langsung, biaya tak langsung dan biaya total dalam suatu grafik dan terlihat bahwa biaya optimum didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkecil.



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



Gambar 3. Grafik hubungan waktu dengan biaya total, biaya langsung, dan biaya tak langsung (Sumber : Soeharto, 1997).

Biaya Denda

Keterlambatan penyelesaian proyek akan menyebabkan kontraktor terkena sanksi berupa denda yang telah disepakati dalam dokumen kontrak. Besarnya biaya denda umumnya dihitung sebagai berikut:

Total denda = total waktu akibat keterlambatan \times denda perhari akibat keterlambatan

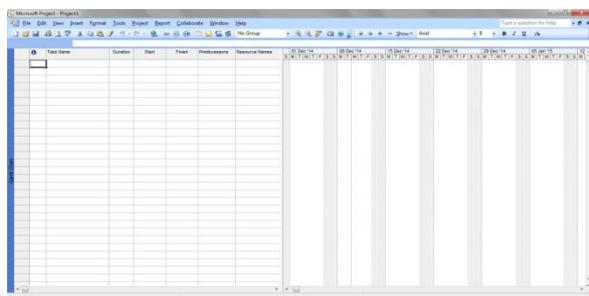
Dengan:

Denda perhari akibat keterlambatan sebesar 1 permil dari nilai kontrak.

Program Microsoft Project

Program *Microsoft Project* adalah sebuah aplikasi program pengolah lembar kerja untuk manajemen suatu proyek, pencarian data, serta pembuatan grafik. Beberapa jenis metode manajemen proyek yang di kenal saat ini, antara lain CPM (*Critical Path Method*), PERT (*Program Evaluation Review Technique*), dan Gantt Chart. *Microsoft Project* adalah penggabungan dari ketiganya. *Microsoft project* juga merupakan sistem perencanaan yang dapat membantu dalam menyusun penjadwalan (*scheduling*) suatu proyek atau rangkaian pekerjaan. *Microsoft project* juga membantu melakukan pencatatan dan pemantauan terhadap pengguna sumber daya (*resource*), baik yang berupa sumber daya manusia maupun yang berupa peralatan.

Program *Microsoft project* memiliki beberapa macam tampilan layar, namun sebagai default setiap kali membuka file baru, yang akan ditampilkan adalah *Gantt Chart View*. Tampilan *Gantt Chart View* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan layar *Gantt Chart View*.

4. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Gedung Indonesia.

Tahap dan Prosedur Penelitian

Suatu penelitian harus dilaksanakan secara sistematis dan dengan urutan yang jelas dan teratur, sehingga akan diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Oleh karena itu, pelaksanaan penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap, yaitu :

Tahap 1 : Persiapan

Sebelum melakukan penelitian perlu dilakukan studi literatur untuk memperdalam ilmu yang berkaitan dengan topik penelitian. Kemudian ditentukan rumusan masalah sampai dengan kompilasi data.

Tahap 2 : Pengumpulan Data

Data proyek yang diperlukan untuk pembuatan laporan.

Tahap 3 : Analisis percepatan dengan aplikasi program dan metode *time cost trade Off*

Tahap 4 : Kesimpulan

Kesimpulan disebut juga pengambilan keputusan. Pada tahap ini, data yang telah dianalisis dibuat suatu kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data atau informasi dari suatu pelaksanaan proyek konstruksi yang sangat bermanfaat untuk evaluasi optimasi waktu dan biaya secara keseluruhan. Data yang diperlukan adalah data sekunder yaitu data yang diperoleh dari instansi yang terkait seperti kontraktor, konsultan pengawas, dan lain-lain. Variabel yang sangat mempengaruhi dalam pengoptimasian waktu dan biaya pelaksanaan proyek ini adalah variabel waktu dan variabel biaya.

1. Variabel Waktu

Data yang mempengaruhi variabel waktu diperoleh dari kontraktor PT. C. Data yang dibutuhkan untuk variabel waktu adalah :

a. Data *cumulative progress* (kurva-S), meliputi :

- 1) Jenis kegiatan
- 2) Prosentase kegiatan
- 3) Durasi kegiatan

b. Rekapitulasi perhitungan biaya proyek.

2. Variabel biaya

Semua data-data yang mempengaruhi variabel biaya diperoleh dari kontraktor PT. C. Data-data yang diperlukan dalam variabel biaya antara lain :

a. Daftar rencana anggaran biaya (RAB) penawaran, meliputi :

- 1) Jumlah biaya normal
- 2) Durasi normal

b. Daftar-daftar harga bahan dan upah.

c. Analisis harga satuan.

Data proyek yang diperlukan untuk pembuatan laporan, meliputi :

1. Rencana Anggaran Biaya (RAB)
2. Analisa harga satuan bahan proyek
3. *Time schedule*
4. Biaya tidak langsung

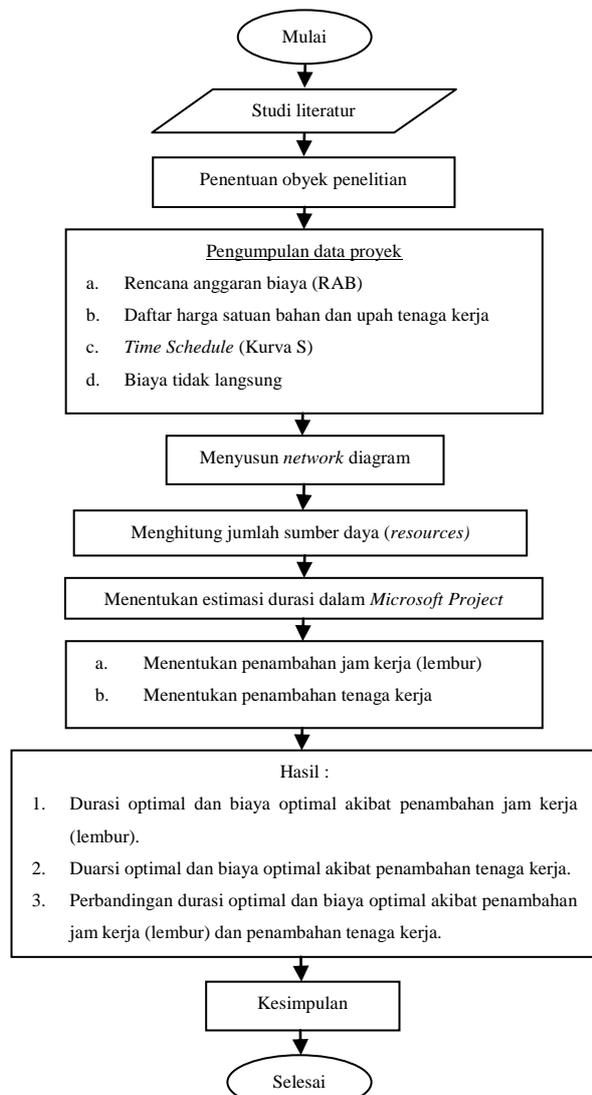
Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan bantuan program *Microsoft Project 2010*, Metode *Time*

Cost Trade Off dan Microsoft Excel 2007. Dengan menginputkan data yang terkait untuk dianalisis kedalam program *Microsoft Project 2010*, maka nantinya akan dikalkulasi secara otomatis sesuai dengan rumus-rumus kalkulasi yang telah dibuat oleh program ini. Dan hasil penginputan data adalah lintasan kritis.

Setelah lintasan kritis didapat selanjutnya dianalisis setiap kegiatan pekerja yang berada di lintasan kritis dengan metode *time cost trade off* yaitu penambahan jam lembur dan tenaga kerja yang juga dibantu dengan *Microsoft Excel 2007* untuk mempermudah analisis dan perhitungan. Hasil dari analisis tersebut adalah percepatan durasi dan kenaikan biaya akibat percepatan durasi dalam setiap kegiatan yang dipercepat. Kenaikan biaya ini disebabkan karena penambahan jam lembur dan tenaga kerja.

Tahapan penelitian secara skematis dalam bentuk diagram alir dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Bagan alir penelitian

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Umum Proyek

Adapun gambaran umum dari Proyek Pembangunan Gedung Indonesia ini adalah sebagai berikut :

Pemilik Proyek	: A
Konsultan Supervisi	: PT. B
Kontraktor	: PT. C
Anggaran	: Rp 1.504.161.632
Anggaran <i>Baseline</i>	: Rp 1.483.449.602
Waktu pelaksanaan	: 147 Hari kerja

Daftar Kegiatan-Kegiatan Kritis

Pekerjaan yang akan dipercepat berdasarkan kegiatan - kegiatan kritis adalah pekerjaan dengan kode kegiatan A, AV, BC, BD, BE, BF, BR, BS, BU, BV, BW, BX, dan BY. Alasan-alasan pemilihan item kegiatan yang ada dalam kegiatan kritis adalah :

1. Kegiatan kritis yang terpilih memiliki *resource work* atau yang memiliki pekerja sehingga bisa *dicrashing*.
2. Pada kegiatan kritis terpilih dapat dilakukan percepatan dengan penambahan jam lembur atau dengan penambahan jumlah tenaga kerja. Jika dilakukan penambahan tenaga kerja pada kegiatan kritis yang lain maka jumlah tenaga kerja tidak akan bertambah karena kegiatan kritis tersebut hanya memiliki *indeks* tenaga kerja yang kecil.

Untuk daftar kegiatan kritis dapat dilihat pada Tabel 2.

Penerapan Metode *Time Cost Trade Off* Penambahan Jam Kerja (Waktu Lembur)

Dalam perencanaan penambahan jam kerja lembur memakai 9 jam kerja normal dan 1 jam istirahat (07.00-17.00), sedangkan kerja lembur dilakukan setelah waktu kerja normal (17.00-18.00). Menurut keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7 dan pasal 11 standar upah untuk lembur adalah :

1. Waktu kerja lembur hanya dapat dilakukan paling banyak 3 (jam) dalam 1 (satu) hari dan 14 (empat belas) jam dalam 1 (satu) minggu.
2. Memberikan makanan dan minuman sekurang-kurangnya 1.400 kalori apabila kerja lembur dilakukan selama 3 jam atau lebih.
3. Untuk kerja lembur pertama harus dibayar sebesar 1,5 kali upah sejam.

4. Untuk setiap jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah sebesar 2 kali lipat upah satu jam.

Adapun salah satu contoh perhitungannya sebagai berikut:

Pekerjaan pemasangan batu 1:4 (cek dam cirasea 5)

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 179,11 \text{ m}^3 \\ \text{Durasi normal} &= 49 \text{ hari} \\ \text{Durasi normal (jam)} &= 29 \times 8 \\ &= 392 \text{ jam} \\ \text{Produktivitas jam normal} &= \frac{\text{Volume}}{\text{durasi normal}} \end{aligned}$$

$$= \frac{179,11}{392} = 0,457 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Maksimal crashing} &= \\ \frac{179,11}{(0,457 \times 8) + (3 \times 0,7 \times 0,457)} &= 38,804 \text{ hari} = 39 \text{ hari} \end{aligned}$$

Maka maksimal *crashing* = 49 hari – 39 hari = 10 hari

Diambil asumsi *crashing* = 1 hari

Durasi percepatan = 49 hari – 1 hari = 48 hari

Durasi percepatan (jam) = 48 × 8 = 384 jam

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas jam dipercepat} &= \\ \frac{\text{volume}}{\text{durasi dipercepat}} &= \frac{179,11}{384} = 0,466 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\text{Waktu lembur perhari} = \frac{0,466 - 0,457}{0,457} \times 8 \text{ jam} \times$$

$$70\% = 2,559 \text{ jam/hari} = 3 \text{ jam/hari}$$

Untuk tambahan waktu lembur dilakukan 3 hari pertama selama proyek berlangsung :

$$\text{Tambahan waktu lembur} = 3 \text{ jam/hari} \times$$

$$3 \text{ hari} = 9 \text{ jam}$$

Biaya lembur per 3 jam :

$$\begin{aligned} \text{Pekerja} &= (\text{Rp. } 59.400 + \text{Rp. } 39.600) \times 2 \times 2 \\ &= \text{Rp. } 217.800,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tukang} &= (\text{Rp. } 68.250 + \text{Rp. } 45.000) \times 2 \times 2 \\ &= \text{Rp. } 250.250,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kepala Tukang} &= (\text{Rp. } 73.125 + \text{Rp. } 48.750) \times 2 \times 2 \\ &= \text{Rp. } 268.125,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mandor} &= (\text{Rp. } 78.000 + \text{Rp. } 52.000) \times 2 \times 2 \\ &= \text{Rp. } 286.000,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah lembur} &: \\ \text{Pekerja} &= (10,527 \times 3 \text{ jam} \times \text{Rp. } \\ &217.800) \end{aligned}$$

$$= \text{Rp. } 6.878.526,00$$

$$\begin{aligned} \text{Tukang} &= (3,509 \times 3 \text{ jam} \times \text{Rp. } 250.250) \\ &= \text{Rp. } 2.634.452,00 \end{aligned}$$

$$\text{Kepala Tukang} = (0,351 \times 3 \text{ jam} \times \text{Rp. } 268.125)$$

$$= \text{Rp. } 282.263,00$$

$$\text{Mandor} = (0,526 \times 3 \text{ jam} \times \text{Rp. } 286.000)$$

$$= \text{Rp. } 451.620,00$$

$$\text{Total Upah lembur} = (\text{Rp. } 6.878.526 + \text{Rp.}$$

$$2.634.452 + \text{Rp. } 282.263 + \text{Rp. } 451.620)$$

$$= \text{Rp. } 10.246.861,00$$

$$\text{Biaya Normal} = \text{Rp. } 71.979.264,00$$

$$\text{Biaya percepatan} = (\text{Rp. } 71.979.264 + \text{Rp. } 10.246.861) = \text{Rp. } 82.226.125,00$$

Slope biaya perhari

$$= \frac{\text{Biaya percepatan} - \text{biaya normal}}{\text{durasi normal} - \text{durasi percepatan}}$$

$$= \frac{\text{Rp. } 82.226.125 - \text{Rp. } 71.979.264}{49 - 48}$$

$$= \text{Rp. } 10.246.861,00$$

$$\text{Slope biaya setelah crashing} = \text{Rp. } 10.246.861 \times 1$$

$$\text{hari} = \text{Rp. } 10.246.861,00$$

Pada penambahan jam kerja (lembur) diperoleh total biaya proyek dengan durasi atau umur proyek yang optimal yakni pada umur proyek 145 hari kerja dengan total biaya proyek yang optimum sebesar Rp. 10.246.861,00 dengan persentase efisien waktu dan biaya proyek adalah sebagai berikut :

1. Efisiensi waktu proyek

$$147 \text{ HK} - 145 \text{ HK} = 2 \text{ hari}$$

$$\text{Atau } \frac{147 - 145}{147} \times 100\% = 1,36\%$$

2. Efisiensi biaya proyek

$$\text{Rp. } 1.631.794.562 - \text{Rp. } 1.603.188.622$$

$$= \text{Rp. } 28.605.940$$

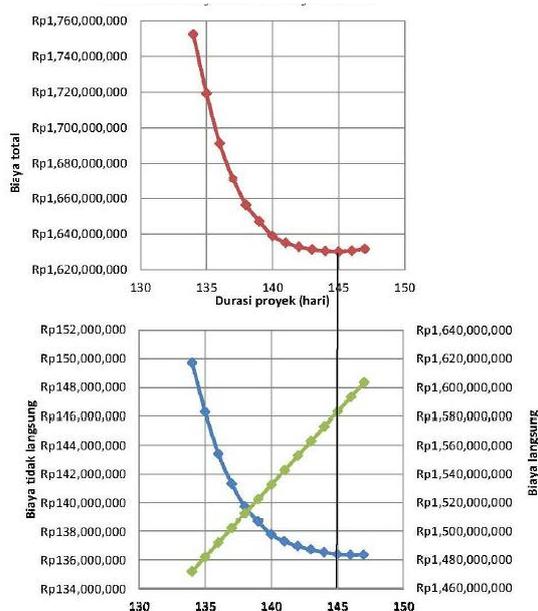
Atau

$$\text{Rp. } 1.631.794.562 - \text{Rp. } 1.603.188.622$$

$$\text{Rp. } 1.603.188.622$$

$$= 0,10\%$$

Untuk Perhitungan Biaya Total Akibat Jam lembur dapat dilihat pada Tabel 3 sedangkan Grafik biaya total, grafik biaya langsung dan grafik biaya tidak langsung akibat jam lembur dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik biaya total, grafik biaya langsung dan grafik biaya tidak langsung akibat jam lembur

Penambahan Tenaga Kerja

Untuk perhitungan penambahan tenaga kerja dilakukan dari kegiatan-kegiatan kritis yang akan dipercepat dan dihitung berdasarkan data biaya langsung pekerjaan sehingga diperoleh pertambahan biaya (*cost slope*) pekerjaan. Adapun salah satu contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Pekerjaan pasangan batu 1:4 (cek dam cirasea 5)

Volume = 179,11 m³

Durasi normal = 49 hari

Kapasitas tenaga kerja per 1m³ adalah

Pekerja = 2,88 Oh @ Rp. 39.600,00

Tukang = 0,96 Oh @ Rp. 45.500,00

Kepala Tukang = 0,096 Oh @ Rp. 48.750,00

Mandor = 0,144 Oh @ Rp. 52.000,00

Perhitungan jumlah tenaga kerja :

Jumlah tenaga kerja =

$$\frac{(\text{Koefisien tenaga kerja} \times \text{volume})}{\text{Durasi normal}}$$

Jumlah Pekerja = $\frac{(2,88 \times 179,11)}{49} = 10,527 =$

11 orang

Jadi upah Pekerja = 11 × Rp. 39.600,00 =
 Rp. 435.600,00

Jumlah Tukang = $\frac{(0,96 \times 179,11)}{49} = 3,50 = 3$ orang

Jadi upah tukang = 3 × 45.500,00 =
 Rp. 136.500,00

Jumlah Kepala Tukang = $\frac{(0,096 \times 179,11)}{49} = 0,36 =$

1 orang

Jadi upah Kepala Tukang = 1 × Rp. 48.750,00 =
 Rp. 48.750,00

Jumlah Mandor = $\frac{(0,144 \times 179,11)}{49} = 0,53 = 1$ orang

Jadi upah pekerja = 1 × Rp. 52.000,00 =
 Rp. 52.000,00

Jadi upah normal tenaga kerja selama 49 hari adalah :

(Rp. 435.600,00 + Rp. 136.500,00 + Rp. 48.750,00 + Rp. 52.000,00) × 49 hari =
 Rp. 32.969.650,00

Pekerjaan ini akan dipercepat dengan durasi percepatan 1 hari, adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

Volume = 179,11 m³

Crashing = 1 hari

Durasi dipercepat = 49 - 1 = 48 hari

Perhitungan jumlah tenaga kerja :

Jumlah tenaga kerja =

$$\frac{(\text{Koefisien tenaga kerja} \times \text{volume})}{\text{Durasi normal}}$$

Jumlah Pekerja = $\frac{(2,88 \times 179,11)}{48} = 10,747 =$

11 orang

Jadi upah Pekerja = 11 × Rp. 39.600,00 =
 Rp. 435.600,00

Jumlah Tukang = $\frac{(0,96 \times 179,11)}{48} = 3,58 = 4$ orang

Jadi upah Tukang = 4 × Rp. 45.500,00 =
 Rp. 182.000,00

Jumlah Kepala Tukang = $\frac{(0,096 \times 179,11)}{48} = 0,358 =$

1 orang

Jadi upah Kepala Tukang = 1 × Rp. 48.750,00 =
 Rp. 48.750,00

Jumlah Mandor = $\frac{(0,144 \times 179,11)}{48} = 0,537 = 1$

orang

Jadi upah Mandor = 1 × Rp. 52.000,00 =
 Rp. 52.000,00

Jadi upah normal tenaga kerja selama 48 hari adalah :

(Rp. 435.600 + Rp. 182.000 + Rp. 48.750 + Rp. 52.000) × 48 hari =
 Rp. 34.480.800,00

Slope Biaya akibat percepatan =

$$\frac{(\text{biaya dipercepat} - \text{biaya normal})}{(\text{waktu normal} - \text{waktu dipercepat})}$$

$$\frac{(Rp. 34.480.800 - Rp. 32.969.650)}{(49 - 48)} = Rp. 1.511.150,00$$

Slope biaya selama 1 hari = Rp. 1.511.150 × 1 hari

$$= \text{Rp. } 1.511.150,00$$

Pada penambahan tenaga kerja diperoleh biaya total proyek dengan durasi atau umur proyek yang optimal yakni pada umur proyek 139 hari kerja dengan total biaya proyek yang optimum sebesar Rp.1.627.603.590. Dengan persentase efisiensi waktu dan biaya adalah sebagai berikut :

1. Efisiensi waktu proyek
147 HK- 139 HK= 8 hari

$$\text{Atau } \frac{147-139}{139} \times 100\% = 5,44\%$$

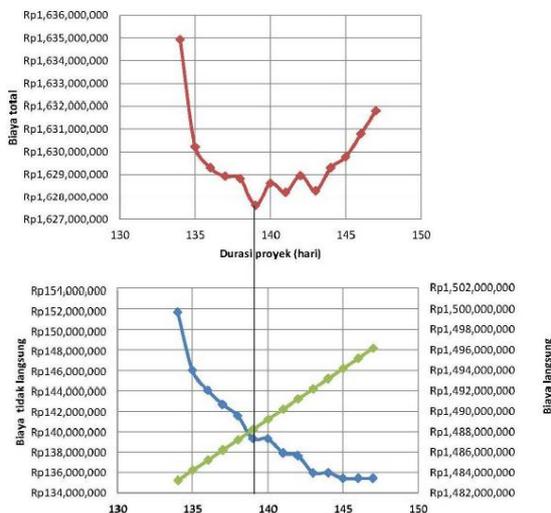
2. Efisiensi biaya proyek
Rp. 1.631.794.562- Rp. 1.627.603.590
= Rp. 4.190.972,00

Atau

$$\frac{\text{Rp. } 1.631.794.562 - \text{Rp.}1.627.603.590}{\text{Rp.}1.627.603.590}$$

$$= 0,26\%$$

Untuk Perhitungan Biaya Total Akibat Tenaga Kerjadapat dilihat pada Tabel 4 sedangkan Grafik biaya total, grafik biaya langsung dan grafik biaya tidak langsung akibat tenaga kerja dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik biaya total, grafik biaya langsung dan grafik biaya tidak langsung akibat tenaga kerja

Perbandingan Penambahan Biaya Akibat Jam Lembur, Tenaga Kerja dan Biaya Denda

Penambahan biaya akibat jam lembur lebih murah dibandingkan dengan biaya penambahan tenaga kerja pada durasi percepatan proyek yang sama. Biaya mempercepat durasi proyek (penambahan jam lembur atau penambahan tenaga kerja) lebih murah dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan apabila proyek

mengalami keterlambatan dan dikenakan denda. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.

6. KESIMPULAN

Berdasarkan data serta hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan pada Proyek Pembangunan Cek Dam di Kabupaten Bandung, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Waktu dan biaya optimum akibat penambahan jam kerja (lembur) didapat pada umur proyek 145 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp. 1.630.188.622 dengan efisiensi waktu proyek sebanyak 2 hari (1,38%) dan efisiensi biaya proyek sebesar Rp. 1.605.941 (0,10%).
2. Waktu dan biaya optimum akibat penambahan tenaga kerja didapat pada umur proyek 139 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp. Rp.1.627.603.590 dengan efisiensi waktu proyek sebanyak 8 hari (5,76 %) dan efisiensi biaya proyek sebesar Rp. 4.190.972 (0,26%).
3. Setelah dianalisis dengan regresi polinomial dengan orde 2 di peroleh pergeseran durasi proyek pada saat penambahan tenaga kerja sebesar 140,6 hari dan dibulatkan menjadi 141 hari dengan total biaya optimum sebesar Rp. 1.628.221.353,00. Efisiensi waktu proyek sebanyak 6 hari (4,08%) dan efisiensi baiay proyek sebesar Rp. 3.573.209,00 (0,22%).
4. Pilihan terbaik adalah dengan penambahan tenaga kerja, karena menghasilkan efisiensi waktu dan biaya yang paling tinggi dengan efisiensi waktu proyek sebanyak 8 hari (5.67 %) dan efisiensi biaya proyek sebesar Rp. 4.190.972 (0,26%).
5. Optimal percepatan waktu penambahan jam kerja (lembur) yaitu 1 sampai 5 hari sedangkan untuk optimal penambahan tenaga kerja yaitu 6 sampai 13 hari (maksimal). Secara umum penambahan jam lembur dan tenaga kerja memiliki biaya lebih murah dari biaya normal di bandingkan dengan membayar keteralambatan proyek atau bayar denda.

Tabel 2. Daftar Kegiatan Kritis

KODE	JENIS PEKERJAAN	DURASI (Hari)
A	Galian tanah berbatu (cek dam cimuai 1)	7
AV	Galian tanah berbatu (cek dam cirasea 4)	7

BC	Galian tanah berbatu (cek dam cirasea 5)	7
BD	Pasangan batu 1:4 (cek dam cirasea 5)	49
BE	Plesteran 1:3 (cek dam cirasea 5)	7
BF	Siaran 1:2(cek dam cirasea 5)	7
BR	Galian tanah berbatu (cek dam cibulakan 2)	7
BS	Pasangan batu 1:4 (cek dam cibulakan 2)	77
BU	Siaran 1:2 (cek dam cibulakan 2)	7
BV	Pasangan batu kosong (cek dam cibulakan 2)	7
BW	Pekerjaan beton tumbuk (cek dam cibulakan 2)	7
BX	Pemasangan lubang drainase (cek dam cibulakan 2)	7
BY	Pekerjaan dilatasi dengan aspal mastik (cek dam cibulakan 2)	7

Sumber: Hasil pengolahan data

Tabel 3. Perhitungan biaya total akibat jam lembur

DURASI (HARI)	BIAYA LAN GSU NG	BIAYA TIDAK LANGSUNG	TOTAL BIAYA
147	Rp1.483.449.602	Rp148.344.960	Rp1.631.794.562
146	Rp1.483.450.895	Rp147.335.811	Rp1.630.786.706
145	Rp1.483.861.960	Rp146.326.661	Rp1.630.188.622
144	Rp1.485.252.753	Rp145.317.512	Rp1.630.570.265
143	Rp1.487.070.770	Rp144.308.363	Rp1.631.379.133
142	Rp1.489.542.752	Rp143.299.213	Rp1.632.841.965
141	Rp1.492.797.499	Rp142.290.064	Rp1.635.087.563
140	Rp1.497.740.981	Rp141.280.914	Rp1.639.021.895
139	Rp1.506.888.060	Rp140.271.765	Rp1.647.159.825
138	Rp1.517.134.921	Rp139.262.616	Rp1.656.397.537
137	Rp1.533.196.968	Rp138.253.466	Rp1.671.450.434
136	Rp1.554.078.430	Rp137.244.317	Rp1.691.322.747
135	Rp1.582.990.114	Rp136.235.168	Rp1.719.225.281
134	Rp1.617.208.323	Rp135.226.018	Rp1.752.434.342

Sumber: Hasil pengolahan data

Tabel 4. Perhitungan biaya total akibat tenaga kerja

DURASI	BIAYA LANGSUNG	BIAYA TIDAK LANGSUNG	TOTAL
147	Rp1.483.449.602	Rp148.344.960	Rp1.631.794.562
146	Rp1.483.449.602	Rp147.335.811	Rp1.630.785.413
145	Rp1.483.449.602	Rp146.326.661	Rp1.629.776.263
144	Rp1.483.976.353	Rp145.317.512	Rp1.629.293.865

143	Rp1.483.976.353	Rp144.308.363	Rp1.628.284.716
142	Rp1.485.654.089	Rp143.299.213	Rp1.628.953.302
141	Rp1.485.931.289	Rp142.290.064	Rp1.628.221.353
140	Rp1.487.331.825	Rp141.280.914	Rp1.628.612.739
139	Rp1.487.331.825	Rp140.271.765	Rp1.627.603.590
138	Rp1.489.561.325	Rp139.262.616	Rp1.628.823.941
137	Rp1.490.670.125	Rp138.253.466	Rp1.628.923.591
136	Rp1.492.056.125	Rp137.244.317	Rp1.629.300.442
135	Rp1.493.996.525	Rp136.235.168	Rp1.630.231.693
134	Rp1.499.697.307	Rp135.226.018	Rp1.634.923.325

Sumber: Hasil pengolahan data

Tabel 5. Perbandingan Penambahan Biaya Akibat Jam Lembur, Tenaga Kerjadan Biaya Denda

HARI	BIAYA TOTAL SETELAH PENAMBAHAN JAM LEMBUR	BIAYA TOTAL SETELAH PENAMBAHAN TENAGA KERJA	BIAYA TOTAL SETELAH DENDA
0	-	-	-
1	Rp1.630.786.706	Rp1.631.794.562	Rp1.781.622.972
2	Rp1.630.188.622	Rp1.631.794.562	Rp1.783.106.422
3	Rp1.630.570.265	Rp1.632.321.313	Rp1.784.589.871
4	Rp1.631.379.133	Rp1.632.321.313	Rp1.786.073.321
5	Rp1.632.841.965	Rp1.633.999.049	Rp1.787.556.770
6	Rp1.635.087.563	Rp1.634.276.249	Rp1.789.040.220
7	Rp1.639.021.895	Rp1.635.676.785	Rp1.790.523.670
8	Rp1.647.159.825	Rp1.635.676.785	Rp1.792.007.119
9	Rp1.656.397.537	Rp1.637.906.285	Rp1.793.490.569
10	Rp1.671.450.434	Rp1.639.015.085	Rp1.794.974.018
11	Rp1.691.322.747	Rp1.640.401.085	Rp1.796.457.468
12	Rp1.719.225.281	Rp1.642.341.485	Rp1.797.940.918
13	Rp1.752.434.342	Rp1.648.042.267	Rp1.799.424.367

Sumber: Hasil pengolahan data

DAFTAR PUSTAKA

Astria Rani, Ivana. 2014. *Analisis Perbandingan percepatan pelaksanaan pekerjaan ditinjau dari penambahan tenaga kerja dengan penambahan jam kerjan*. Tugas Akhir.

Cahaya Ardika, Okytia Putri. 2014. *Proyek Pembangunan Jalan Tol Bogor Ring Road Seksi II A*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia. Nomor Kep.102/Men/VI/2004 tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur.

- Listya Dewi, Ni Putu. 2015. *Proyek Jembatan Beton Bertulang Tukad Unda*. Tugas Akhir, Universitas Udayana , Denpasar.
- Novitasari, Vien. 2014. *Penambahan jam kerja pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Umum Daerah Belitung dengan Time Cost Trade Off* . Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Rauf Aulia, Muhamad. 2014. *Optimasi Biaya Dan Waktu Proyek Kontruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan Dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta
- Siswanto. 2007. *Operations Research*, jilid dua. Jakarta: Erlangga
- Soeharto, Iman. 1997. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Penerbit : Erlangga, Jakarta.
- Soemardi, Biemo W, dan Kusumawardani, Rani G. 2010. *Studi Praktek Estimasi Biaya Tidak Langsung Pada Proyek Konstruksi*. Konferensi Nasional