

Studi Optimasi Waktu dan Biaya Menggunakan metode *Time Cost Trade Off* pada Proyek Pembangunan Gedung X

Time And Cost Optimization Study Using Time Cost Trade Off Method On X Building

Sheila Septiana, Mandiyo Priyo

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Keberhasilan suatu proyek waktu dan biaya sangat berperan penting dalam pelaksanaannya, optimasi yang diterapkan sesuai dengan rencana atau lebih cepat dari perencanaan suatu proyek dapat membuahkan keuntungan yang optimal. Keterlambatan pengerjaan proyek juga dapat diantisipasi dengan mempercepat waktu kerja, namun tetap dengan memperhatikan faktor biaya. Penelitian ini bertujuan agar diperoleh hasil dari durasi yang dipercepat untuk mengetahui perubahan biaya sehingga diperoleh waktu efektif dengan biaya yang efisien dari perbandingan penambahan waktu lembur dan penambahan tenaga kerja. Metode *time cost trade off* digunakan pada penelitian ini menggunakan *software microsoft project 2010*. Hasil dari penelitian kondisi normal proyek dengan durasi selama 154 hari dengan biaya sebesar Rp.17.320.738.669,00, 1 jam lembur durasi waktu selama 119,37 hari biaya sebesar Rp16.952.122.341,01, 2 jam lembur durasi waktu selama 94,60 hari biaya sebesar Rp16.689.777.772,10 dan 3 jam lembur durasi waktu selama 76,38 hari biaya sebesar Rp16.494.553.550,74. Penambahan tenaga kerja yang setara dengan waktu lembur selama 1 jam dengan durasi waktu 119,37 hari dengan biaya sebesar Rp16.939.852.112,94, penambahan tenaga kerja 2 jam lembur durasi waktu selama 94,60 hari biaya sebesar Rp16.667.132.638,34, dan penambahan tenaga kerja 3 jam lembur waktu durasi selama 76,38 hari biaya total sebesar Rp16.466.536.753,35. Penambahan jam lembur dengan waktu lembur selama 3 jam didapat hasil yang lebih efektif dengan durasi pekerjaan selama 76,38 hari dan biaya sebesar Rp16.494.553.550,74.

Kata kunci : optimasi, lembur, *time cost trade off* dan *microsoft project*.

Abstract. The success of a project time and cost is very important to implementation, optimization is implemented in accordance with the plan or faster than the planning of a project can produce optimal benefits. Project delays can also be anticipated by speeding up work time, but still by paying attention to cost factors. This study aims to obtain the results of an accelerated duration to determine changes in costs so as to obtain effective time with an efficient cost from the comparison of the addition of overtime and the addition of labor. The *time cost trade off* method was used in this study using *Microsoft Project 2010*. The results of the study under normal conditions were 154 days with a project cost of Rp.17,320,738,669.00, 1 hour overtime duration of 119.37 days the cost of Rp. 16,952,122,341.01, 2 hours overtime duration for 94.60 days cost of Rp. 16,689,777,772.1010 and three hours of overtime duration for 76.38 days cost of Rp. 16,494,553,550.74. The addition of labor which is equivalent to overtime for 1 hour with a duration of 119.37 days at a cost of Rp16,939,852,112.94, the addition of labor 2 hours overtime duration for 94.60 days the cost of Rp16,667,132,638, 34, and the addition of labor 3 hours overtime duration for 76.38 days the total cost of Rp. 16,466,536,753.35. Addition of overtime hours with overtime for 3 hours obtained more effective results with a duration of work for 76.38 days and a cost of Rp. 16,494,553,550.74.

Keywords : optimization, overtime, *time cost trade off* and *microsoft project*.

1. Pendahuluan

Pengaruh waktu dan biaya dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi merupakan faktor yang perlu diperhatikan. Keberhasilan suatu proyek dalam pelaksanaannya merupakan pengaruh dari waktu penyelesaian yang cepat, minimnya biaya yang dikeluarkan serta dengan mutu yang tetap terjamin. Kontrol waktu dalam pelaksanaan pengelolaan proyek jika dilakukan sesuai dengan rencana dapat menghasilkan keuntungan yang

maksimal dan menghindari terjadinya kerugian biaya denda akibat keterlambatan pelaksanaan proyek (Priyo dan Aulia, 2015).

Menurut Priyo dan Sumanto (2016) menyebutkan bahwa untuk mengantisipasi permasalahan akibat terjadinya kerugian biaya denda akibat keterlambatan dalam pelaksanaan kerja optimasi biaya dan waktu sangat penting untuk diamati. Pengoptimalan waktu dan biaya sesuai dengan rencana serta lebih cepat dari

perencanaannya dapat membuahkan keuntungan yang lebih maksimal. Optimasi percepatan waktu dan biaya harus dilakukan agar membuahkan keuntungan dengan membuat suatu jaringan kerja (*network*), mengidentifikasi kegiatan-kegiatan kritis, mengetahui kurun waktu dalam setiap pekerjaan dan jumlah sumber daya (*resources*).

Pengoptimalan waktu dan biaya pada proyek pembangunan gedung menggunakan metode penambahan waktu lembur mulai dengan 1 jam kerja sampai 3 jam kerja dari hasil ini ditentukan perubahan biaya setelah dilakukan penambahan jam kerja (lembur) dan dibandingkan dengan ditambahnya tenaga kerja, setelahnya dibandingkan pada biaya denda, perubahan antara biaya sebelum, sesudah ditambah jam kerja dan ditambahnya tenaga kerja dengan aplikasi *Microsoft Project 2010*.

2. Landasan Teori Manajemen Proyek

Manajemen proyek konstruksi adalah seni memimpin dan mengkoordinasikan sumber daya manusia dan material dalam sebuah proyek dengan menggunakan teknik manajemen modern untuk mencapai suatu tujuan yang telah ditetapkan sesuai ruang lingkup, biaya, waktu, kualitas, dan kepuasan partisipasi (Hendrickson, 1989).

Penyelesaian kegiatan konstruksi merupakan salah satu langkah awal yang sangat diperlukan dalam suatu proses perencanaan karena penentuan waktu tersebut akan menjadi dasar bagi perencana yang lain Siswanto (2007), yaitu:

1. Penyusunan jadwal (*scheduling*), anggaran (*budgeting*), kebutuhan sumber daya manusia (*manpower planning*), dan sumber organisasi yang lain.
2. Proses pengendalian (*controlling*).

Dalam pelaksanaannya manajemen konstruksi berfokus pada proses perencanaan dan kontrol dari sumber daya yang didasarkan pada acuan yang telah ditetapkan pada proyek tersebut (Halpin, 2009).

Network Planning

Priyo dan Paridi (2018) menyebutkan bahwa *network planning* merupakan gambaran kejadian dan kegiatan yang diharapkan akan terlaksana dengan kaitan yang logis serta berkaitan antara suatu kegiatan dengan yang lainnya. Maka dengan adanya *network planning* manajemen dapat disusun tahapan perencanaan proyek dengan waktu dan biaya yang paling efektif dan efisien.

Jaringan kerja merupakan suatu alat atau panduan diterapkan guna merencanakan, menjadwalkan, dan mengawasi kemajuan suatu

proyek (Bangun dkk., 2016). Jaringan kerja meliputi:

1. Kegiatan proyek yang harus dilaksanakan
2. Urutan kegiatan yang harus logis
3. Ketergantungan antar kegiatan
4. Waktu kegiatan melalui kegiatan kritis

Biaya Total

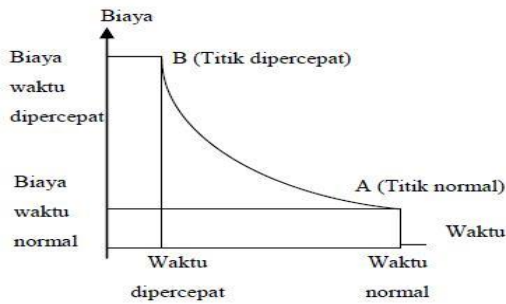
Biaya proyek konstruksi secara umum dibagi dua jenis kelompok, dua biaya proyek konstruksi itu adalah biaya langsung dan biaya tidak langsung.

1. Biaya langsung adalah biaya untuk kegiatan yang berhubungan langsung dengan proyek dan akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek, yang meliputi :
 - a. Biaya bahan atau material
 - b. Biaya upah tenaga kerja
 - c. Biaya peralatan
 - d. Biaya subkontraktor dan lain-lain.
2. Biaya tidak langsung adalah biaya yang tidak berhubungan langsung pada proyek konstruksi tetapi sangat dibutuhkan dalam rangka pembangunan suatu proyek yang sedang berlangsung merupakan komponen hasil akhir proyek. Sifatnya tetap dan harus dilakukan pengendalian supaya tidak melebihi anggarannya, seperti berikut :
 - a. Gaji staf / pegawai tetap
 - b. Biaya konsultan (perencana dan pengawas)
 - c. Fasilitas sementara
 - d. Peralatan konstruksi
 - e. Pajak, pungutan, asuransi dan perizinan
 - f. *Overhead*
 - g. Biaya tak terduga
 - h. Laba.

Biaya total proyek merupakan gabungan dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Perubahan sesuai dengan waktu dan kecepatan proyek. Meski tidak bisa dihitung menggunakan rumus tertentu, umumnya semakin lama proyek berjalan maka semakin tinggi komulatif biaya tidak langsung yang dibutuhkan. Sedang biaya optimal diperoleh dari mengetahui total biaya proyek yang terkendali.

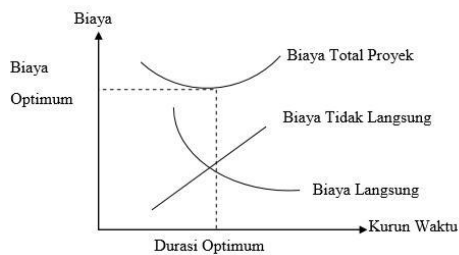
Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Jumlah biaya langsung dan biaya tidak langsung sama dengan biaya total proyek. Biaya total proyek sangat bergantung pada durasi penyelesaian proyek konstruksi. Berikut grafik hubungan antara biaya dan waktu pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik hubungan waktu dan biaya pada kondisi normal dan dipercepat untuk suatu kegiatan (Soeharto,1997)

Pada gambar di atas titik A merupakan titik normal dan titik B merupakan titik dipercepat. Kurva hubungan biaya dan waktu ditunjukkan pada garis yang menghubungkan titik A dan titik B. Dapat disimpulkan bahwa hubungan antara biaya dengan waktu jika semakin tinggi penambahan jam kerja (lembur) maka semakin cepat pula waktu penyelesaian proyek sehingga menimbulkan biaya tambahan yang harus dikeluarkan akan semakin besar.



Gambar 2. Grafik hubungan waktu dengan biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total (Soeharto 1997)

Pada gambar 2.2 menunjukkan penjumlahan dari biaya langsung dan biaya tak langsung ini merupakan biaya total yang digunakan selama pelaksanaan proyek. Besarnya biaya ini sangat bergantung oleh lamanya waktu penyelesaian proyek. Keduanya berubah sesuai dengan kemajuan proyek. Seperti yang terlihat dalam gambar grafik yang menunjukkan hubungan antara biaya langsung, biaya tak langsung dan total biaya, dimana terlihat bahwa biaya optimal didapat dengan mencari biaya proyek terkecil.

Metode Pertukaran Waktu dan Biaya (Time Cost Trade Off)

Pada perencanaan suatu proyek, biaya (*cost*) memiliki peran yang sangat penting. Biaya (*cost*) adalah salah satu aspek penting dalam manajemen, dari hal tersebut itu biaya yang ada harus dikontrol seminim mungkin dengan

memperhatikan faktor waktu, karena waktu dan biaya saling berpengaruh (Priyo dan Aulia, 2015)

Pada setiap pelaksanaan kegiatan konstruksi sering terjadi dimana proyek harus diselesaikan lebih cepat dari durasi normalnya. Ini mengakibatkan pelaksanaan proyek harus bisa selesai dengan kurun waktu yang cepat dan dengan biaya seminim mungkin. Dalam hal ini penting diketahui bagaimana hubungan antara waktu dan biaya. Analisa pertukaran waktu dan biaya disebut *duration cost trade off* merupakan suatu analisa yang mengubah waktu serta biaya dari suatu proyek. Bila durasi dipercepat maka biaya langsung proyek akan bertambah dan biaya tidak langsung proyek akan berkurang.

Metode CPM (Critical Path Method)

Menurut Newbold (Stelth dan Roy, 2009), *critical path method* (CPM) adalah sebuah teknik untuk menganalisis proyek dengan menentukan proyek. CPM juga dikenal dengan adanya EET (*Earliest Event Time*) dan LET (*Last Event Time*), serta *Total Float* dan *Free Float*. EET merupakan waktu tercepat dari suatu kegiatan, sedangkan LET merupakan waktu paling akhir atau lambat dari suatu kegiatan. Jumlah waktu yang diperkenankan untuk suatu kegiatan boleh ditunda atau terlambat yaitu *Free Float*, tanpa menyebabkan keterlambatan pada kegiatan berikutnya, Sedang jumlah waktu yang diperkenankan pada suatu kegiatan boleh untuk ditunda atau terlambat yaitu *Total Float*, tanpa mempengaruhi jadwal penyelesaian proyek secara keseluruhan. Metode ini dapat membantu memperoleh suatu lintasan kritis yang menghubungkan kegiatan – kegiatan kritis, dapat disebut juga lintasan kegiatan yang tidak boleh terlambat ataupun mengalami penundaan pelaksanaan karena keterlambatan tersebut dapat mengakibatkan keterlambatan pada waktu total penyelesaian proyek.

Produktivitas Pekerja

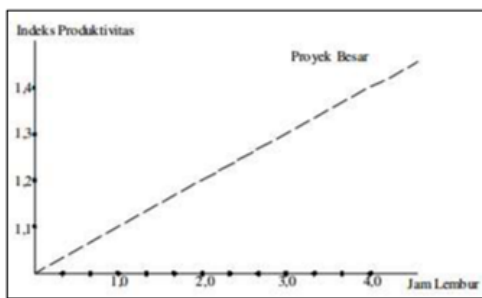
Dalam suatu proyek konstruksi, rasio antara *output* dan *input* merupakan rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya. Rasio dari produktivitas merupakan nilai yang dapat diukur selama proses konstruksi yang dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, biaya material, metode, dan alat. Efektifitas pengelolaan sumber daya merupakan salah satu kunci kesuksesan dari suatu proyek konstruksi. Upah juga sangat tergantung pada kinerja tiap-tiap pekerja karena setiap pekerja

mempunyai karakter berbeda pada satu dengan lainnya.

Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Penambahan jam kerja (lembur) merupakan salah satu langkah yang dilakukan untuk mempercepat penyelesaian proyek. Penambahan jam kerja (lembur) sering dilakukan tanpa adanya penambahan tenaga kerja dengan ini bertujuan untuk memberdayakan tenaga yang sudah ada di lapangan. Jam kerja normal pada proyek ini adalah 7 jam, dari pukul 08.00 sampai 16.00 WIB dan waktu istirahat mulai pukul 12.00 sampai 13.00 WIB untuk jam kerja (lembur) dilaksanakan setelah jam normal selesai.

Penambahan jam kerja (lembur) dapat dilakukan dengan menambah 1 sampai dengan 3 jam kerja (lembur) sesuai dengan penambahan jam kerja (lembur) yang diinginkan. Sebenarnya penambahan jam kerja (lembur) mampu menyebabkan produktivitas tenaga kerja menurun, indikasi penurunan produktivitas tenaga kerja tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar.3. Indikasi penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja (lembur) (Soeharto, 1997)

Tabel 1. Nilai koefisien penurunan produktivitas

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

1. Produktivitas harian

$$= \frac{\text{volume}}{\text{durasi}}$$
2. Produktivitas tiap jam

$$= \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja perhari}}$$
3. Produktivitas harian sesudah *crash*

$$= (c \times d) + (a \times b \times d)$$

Dengan :

- a = lama penambahan jam kerja (lembur)
- b = koefisien penurunan produktivitas
- c = jam kerja per hari
- d = produktivitas tiap jam

4. *Crash duration*

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

Pelaksanaan Penambahan Tenaga Kerja

Pada tahap ini penambahan tenaga kerja harus diperhatikan agar tidak mengganggu pekerjaan lain. Perhitungan untuk penambahan tenaga kerja dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

1. Jumlah tenaga kerja normal

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

2. Jumlah tenaga kerja percepatan

$$= \frac{\text{Koefisien tenaga kerja} \times \text{volume}}{\text{Durasi dipercepat}}$$

Dari persamaan tersebut maka akan diketahui jumlah pekerja pada saat durasi normal dan jumlah pekerja setelah ditambahkan akibat percepatan durasi proyek.

Denda

Suatu proyek yang mengalami keterlambatan yang menyebabkan pelaksanaan pekerjaan mendapat hukuman yang berupa denda sebesar kesepakatan dalam dokumen kontrak sebesar 1/1000 (satu perseribu/satu permil) dari suatu nilai kontrak. Denda yang diberikan besarnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

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

Biaya Tambahan Kerja (Crash Cost)

Tambahan biaya kerja biaya untuk tenaga kerja dari biaya normal tenaga kerja terjadi sebab penambahan waktu kerja yang dialami. Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 bahwa upah penambahan tenaga kerja bermacam-macam. Tambahan waktu kerja 1 jam pertama untuk perkerja akan mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah perjam dari waktu normal dan untuk penambahan jam kerja selanjutnya para pekerja mendapatkan 2 kali upah kerja perjam waktu normal. Rumus perhitungan

untuk jumlah biaya penambahan waktu kerja sebagai berikut:

1. Ongkos normal pekerja per hari
= Produktivitas harian × Harga satuan upah pekerja
2. Ongkos normal pekerja per jam
= Produktivitas perjam × Harga satuan upah pekerja
3. Biaya lembur pekerja
= 1,5 × upah perjam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) pertama + (2 × n × upah perjam normal untuk penambahan jam kerja (lembur)
Dengan: n = jumlah penambahan jam kerja (lembur)
4. Crash cost pekerja perhari
= (Jam kerja perhari × Normal cost pekerja) + (n × Biaya lembur perjam)
5. *Cost slope*
= $\frac{\text{Biaya normal} - \text{biaya percepatan}}{\text{Durasi normal} - \text{durasi percepatan}}$

3. Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Proyek penelitian ini berada pada proyek pembangunan Gedung X.

Tahapan Penelitian

Dalam sebuah penelitian sistematikanya harus diperhatikan supaya berurutan dan teratur sehingga diperoleh hasil yang sesuai dengan harapan. Berikut ini tahapan-tahapan penelitian yang harus dilakukan.

Tahap 1 : Persiapan

Sebelum dilakukannya penelitian perlu dilakukan studi literatur mengenai topik penelitian. Kemudian menentukan rumusan masalah sampai pada persiapan data-data yang nantinya akan diperlukan.

Tahap 2 : Pengumpulan Data

Data-data proyek yang diperlukan untuk penelitian yaitu rencana anggaran biaya (RAB), kurva-S (*time schedule*) dan analisa harga satuan bahan.

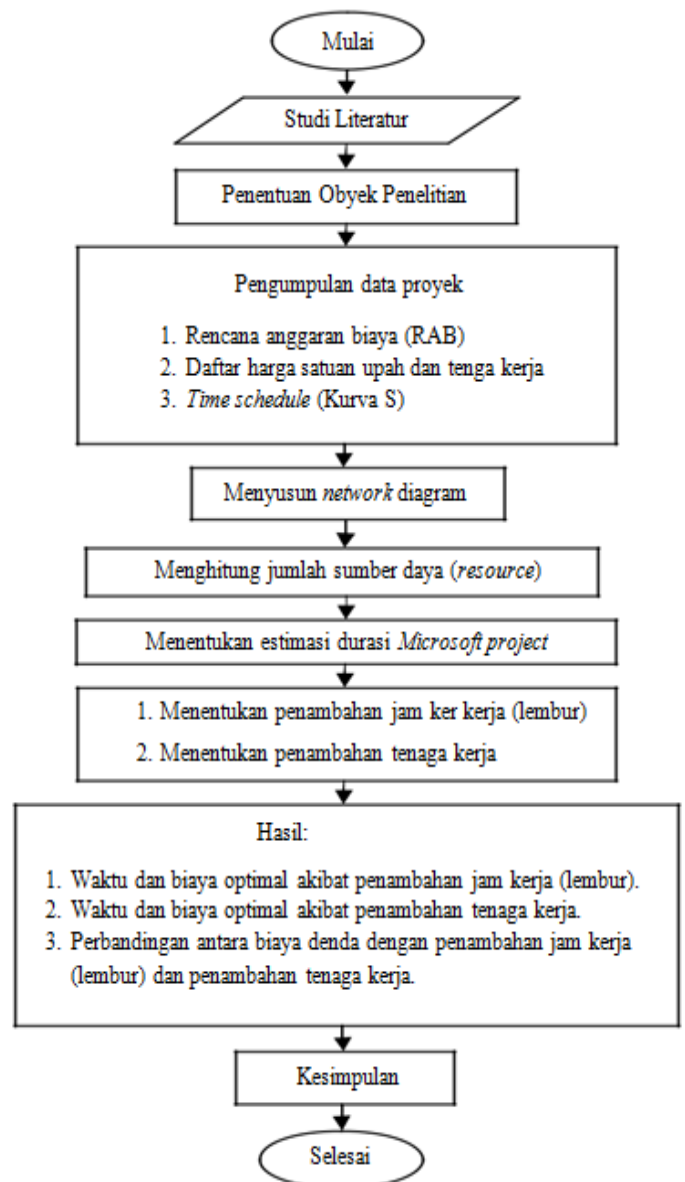
Tahap 3 : Analisis dan Pembahasan

Analisis data dilakukan menggunakan program bantuan perangkat lunak *microsoft project 2010* dan *microsoft excel* dengan cara menginput data-data perencanaan. Selanjutnya dilakukan analisa lebih lanjut yang difokuskan pada kegiatan-kegiatan kritis yang nantinya akan dilakukan analisis percepatan sehingga mendapatkan hasil berupa biaya dan waktu yang optimal. Setelah mendapatkan semua hasil maka dapat dibandingkan hasil analisis sebelum percepatan dan setelah percepatan dilakukan.

Tahap 4 : Kesimpulan

Tahap terakhir penelitian ini adalah kesimpulan yang merupakan tahap pengambilan keputusan dari analisis yang telah dilakukan sebelumnya untuk memutuskan hasil yang paling optimal.

Berikut tampilan bagan alir (*flow chart*) tahapan penelitian secara sistematis.



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

4. Hasil Penelitian Dan Pembahasan Data Penelitian

Data umum proyek pembangunan gedung X.

Daftar Kegiatan- Kegiatan Kritis

Berikut kegiatan- kegiatan kritis yang didapat dari analisis dengan menggunakan *microsoft project 2010*.

Pemilik Proyek : X
Konsultan Supervisi : PT. Y
Kontraktor : PT. Z

Anggaran : Rp.17.792.485.780,55
 Anggaran *Baseline* : Rp.17.320.738.669,00
 Waktu Pelaksanaan : 154 hari

Tabel 2. Daftar kegiatan kritis kondisi normal

Kode	Kegiatan	Durasi
BKB	Bekisting Balok Basement	7
PBB	Pembesian Balok Basement	7
BTB	Beton Balok Basement	5
PP	Pembesian Plat A3	7
BP	Beton Plat A3	7
BKDPL	Bekisting Dinding Pit Lift	7
PDPL	Pembesian Dinding Pit Lift	7
BTDPL	Beton Dinding Pit Lift	5
BKPB	Bekisting Plat Basement	14
BKK1	Bekisting Kolom Lt.1	7
PK1	Pembesian Kolom Lt.1	7
BTK1	Beton Kolom Lt.1	5
BKB1	Bekisting Balok Lt.1	14
BKK2	Bekisting Kolom Lt.2	7
PK2	Pembesian Kolom Lt.2	7
BTK2	Beton Kolom Lt.2	5
BKB2	Bekisting Balok Lt.2	14
PK3	Pembesian Kolom Lt.3	7
BTK3	Beton Kolom Lt.3	5
BKB3	Bekisting Balok Lt.3	14
BKK4	Bekisting Kolom Lt.4	7
PK4	Pembesian Kolom Lt.4	7
BTK4	Beton Kolom Lt.4	5
BKB4	Bekisting Balok Lt.4	14
BKK5	Bekisting Kolom Lt.5	7
PK5	Pembesian Kolom Lt.5	7
BTK5	Beton Kolom Lt.5	5
BKB5	Bekisting Balok Lt.5	14
BKK6	Bekisting Kolom Lt.6	7
PK6	Pembesian Kolom Lt.6	7
BTK6	Beton Kolom Lt.6	5
BKB6	Bekisting Balok Lt.6	14
PB6	Pembesian Balok Lt.6	14
BTB6	Beton Balok Lt.6	7
BKT6	Bekisting Tangga Lt.6	7
PT6	Pembesian Tangga Lt.6	7
BTT6	Beton Tangga Lt.6	5

Analisis Biaya Lembur untuk Tenaga Kerja

Analisis biaya lembur dihitung untuk mengetahui besar upah biaya lembur tenaga kerja sehingga biaya total kegiatan yang akan dilembur dapat diketahui juga. Berikut contoh perhitungan upah lembur sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Resource name} &= \text{Mandor} \\
 \text{Biaya normal perhari} &= \text{Rp. 90.000,00} \\
 \text{Jam kerja normal perhari} &= 7 \text{ jam/hari} \\
 \text{Biaya normal per jam} &= \frac{\text{Rp.90.000,00}}{7 \text{ jam/hari}} \\
 &= \text{Rp. 12.857,14}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya lembur per jam} \\
 \text{Lembur 1 jam} &= 1,5 \times \text{biaya normal / jam} \\
 &= 1,5 \times \text{Rp. 12.857,14} \\
 &= \text{Rp. 19.285,71}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lembur per/jam untuk 1 jam} &= \frac{\text{Rp.19,285.71}}{1 \text{ jam}} \\
 &= \text{Rp. 19.285,71}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lembur 2 jam} &= (1,5 \times \text{biaya normal / jam}) + \\
 & \quad (2 \times (1 \times \text{biaya normal/jam})) \\
 &= (1,5 \times \text{Rp. 12.857,14}) + (2 \times \\
 & \quad (1 \times \text{Rp. 12.857,14})) \\
 &= \text{Rp. 45.000,00}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lembur per/jam untuk 2 jam} &= \frac{\text{Rp.45.000.00}}{2 \text{ jam}} \\
 &= \text{Rp. 22.500,00}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lembur 3 jam} &= (1,5 \times \text{biaya normal / jam}) + (2 \times (2 \\
 & \quad \times \text{biaya normal/jam})) \\
 &= (1,5 \times \text{Rp. 12.857,14}) + (2 \times (1 \times \text{Rp.} \\
 & \quad 12.857,14)) \\
 &= \text{Rp. 70.714,29}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lembur per/jam untuk 3 jam} &= \frac{\text{Rp.70,714.29}}{3 \text{ jam}} \\
 &= \text{Rp. 23.571,43}
 \end{aligned}$$

Analisis Durasi Percepatan

Setelah mengetahui biaya lembur, kemudian masuk pada tahap *crashing*. Tahap *crashing* adalah tahap percepatan durasi untuk kegiatan-kegiatan kritis. Dalam perhitungan ini terdapat produktivitas kerja untuk masing-masing waktu lembur. Produktivitas kerja lembur 1 jam per hari yaitu sebesar 0,9 atau 90%, 2 jam per hari yaitu sebesar 0,8 atau 80%, dan 3 jam perhari yaitu menjadi sebesar 0,7 atau 70%. Penurunan produktivitas disebabkan berbagai faktor, misalnya kondisi penerangan yang terbatas karena malam hari dan kelelahan para pekerja. Perhitungan percepatan durasi ini diambil contoh dari kegiatan kritis pekerjaan pembesian balok basement (PBB) dengan contoh perhitungan sebagai berikut.

- Durasi yang bisa dipercepat berdasarkan 1 jam lembur.

$$\begin{aligned}
 & \text{Volume} \\
 & \text{---} \\
 & (\sum pp \times pn \times \text{jam lembur}) + (pn \times \text{jam kerja normal}) \\
 & \text{Keterangan :}
 \end{aligned}$$

pp : penurunan produktivitas
 kerja pn : produktivitas normal
 Data :
 Volume = 25653,30 kg
 Durasi normal = 7 hari
 Jam kerja normal = 7 jam kerja

Tabel 2. Hasil perhitungan percepatan durasi lembur 1 jam

Kode	Nama Pekerjaan	Durasi (Hari)	
		Normal	Lembur
BKB	Bekisting Balok Basement	7	6.20
PBB	Pembesian Balok Basement	7	6.20
BTB	Beton Balok Basement	5	4.43
PP	Pembesian Plat A3	7	6.20
BP	Beton Plat A3	7	6.20
BKDPL	Bekisting Dinding Pit Lift	7	6.20
PDPL	Pembesian Dinding Pit Lift	7	6.20
BTDP	Beton Dinding Pit Lift	5	4.43
BKPB	Bekisting Plat Basement	14	12.41
BKK1	Bekisting Kolom Lt.1	7	6.20
PK1	Pembesian Kolom Lt.1	7	6.20
BTK1	Beton Kolom Lt.1	5	4.43
BKB1	Bekisting Balok Lt.1	14	12.41
BKK2	Bekisting Kolom Lt.2	7	6.20
PK2	Pembesian Kolom Lt.2	7	6.20
BTK2	Beton Kolom Lt.2	5	4.43
BKB2	Bekisting Balok Lt.2	14	12.41
BKK3	Bekisting Kolom Lt.3	7	6.20
PK3	Pembesian Kolom Lt.3	7	6.20
BTK3	Beton Kolom Lt.3	5	4.43
BKB3	Bekisting Balok Lt.3	14	12.41
BKK4	Bekisting Kolom Lt.4	7	6.20
PK4	Pembesian Kolom Lt.4	7	6.20
BTK4	Beton Kolom Lt.4	5	4.43
BKB4	Bekisting Balok Lt.4	14	12.41
BKK5	Bekisting Kolom Lt.5	7	6.20
PK5	Pembesian Kolom Lt.5	7	6.20
BTK5	Beton Kolom Lt.5	5	4.43
BKB5	Bekisting Balok Lt.5	14	12.41
BKK6	Bekisting Kolom Lt.6	7	6.20
PK6	Pembesian Kolom Lt.6	7	6.20
BTK6	Beton Kolom Lt.6	5	4.43
BKB6	Bekisting Balok Lt.6	14	12.41
PB6	Pembesian Balok Lt.6	14	12.41
BTB6	Beton Balok Lt.6	7	6.20
BKT6	Bekisting Tangga Lt.6	7	6.20
PT6	Pembesian Tangga Lt.6	7	6.20
BTT6	Beton Tangga Lt.6	5	4.43

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas per hari} &= \frac{\text{Volume (m}^2\text{)}}{\text{Durasi (hari)}} \\ &= \frac{25653,30 \text{ kg}}{7 \text{ hari}} \\ &= 3664.76 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas normal} &= \frac{\text{Produktivitas per hari}}{\text{Jam kerja/hari}} \\ &= \frac{3664.76 \text{ kg/hari}}{7 \text{ jam}} \\ &= 523.54 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maksimal percepatan} &= \frac{25653,30}{(0.09 \times 523.54 \times 1) + (523.54 \times 7)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 6,20 \text{ hari} \\ \text{Maka, maksimal percepatan} &= \text{Durasi normal} - \text{durasi percepatan} \\ &= 7 \text{ hari} - 6,20 \text{ hari} \\ &= 1,59 \text{ hari} \end{aligned}$$

Analisis Biaya Percepatan

Hasil percepatan durasi akibat waktu lembur jam merupakan suatu perolehan dalam menentukan biaya percepatan. Kegiatan kritis yang dihitung dengan biaya percepatan durasi akibat adanya tambahan jam lembur menggunakan *Microsoft Project 2010* dengan dikontrol dari perhitungan *Microsoft Excel 2010*.

Nama Pekerjaan = Pembesian Plat Basement

Volume pekerjaan = 25653,30 kg

Durasi normal = 7 hari

Tabel 3. Kebutuhan tenaga kerja pekerjaan pembesian balok basement

Komponen	Satuan	Koefisien	Harga (Rp)
Pekerja	Oh	3,66	Rp.7.143
Tukang Besi	Oh	3,66	Rp.12.857
Kepala Tukang	Oh	0,37	Rp.12.857
Mandor	Oh	0,21	Rp.12.857

Analisis mengetahui perhitungan tenaga kerja pada pekerjaan pembesian balok basement sebagai berikut:

Harga tenaga kerja = jam kerja x koefisien x harga

$$\begin{aligned} \text{Pekerja} &= 7 \times 3,66 \times \text{Rp}7.143 \\ &= \text{Rp.183.237,88} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tukang besi} &= 7 \times 3,66 \times \text{Rp.12.857} \\ &= \text{Rp.329.828,18} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kepala tukang} &= 7 \times 0,37 \times \text{Rp.12.857} \\ &= \text{Rp.32.982,82} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mandor} &= 7 \times 0,21 \times \text{Rp.12.857} \\ &= \text{Rp.18.847,32} \end{aligned}$$

Total harga tenaga kerja

$$\begin{aligned} &= \text{Rp.183.237,88} + \text{Rp.329.828,18} + \text{Rp.32.982,82} \\ &\quad + \text{Rp.18.847,32} \\ &= \text{Rp.564.896,20} \end{aligned}$$

Total biaya

$$\begin{aligned} &= \text{Total harga material} + (\text{Total harga tenaga kerja} \times \text{durasi}) \\ &= \text{Rp.253.069.830,90} + (\text{Rp.564.896,20} \times 7) \\ &= \text{Rp.257.024.104,27} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan diatas merupakan salah satu item kegiatan kritis yang diperoleh dari *Microsoft Project 2010*. dapat dilihat di tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil perhitungan biaya percepatan lembur 1 jam

KODE	NAMA PEKERJAAN	BIAYA	
		NORMAL	LEMBUR
BKB	BEKISTING BALOK BASEMENT	RP190,091,782	RP189,363,344
PBB	PEMBESIAN BALOK BASEMENT	RP257,022,076	RP256,571,948
BTB	BETON BALOK BASEMENT	RP109,955,666	RP109,349,980
PP	PEMBESIAN PLAT A3	RP150,561,568	RP150,297,711
BP	BETON PLAT A3	RP90,950,231	RP90,343,209
BKDPL	BEKISTING DINDING PIT LIFT	RP17,035,282	RP16,986,346
PDPL	PEMBESIAN DINDING PIT LIFT	RP6,308,160	RP6,291,317
BTDP	BETON DINDING PIT LIFT	RP6,618,649	RP6,581,954
BKPB	BEKISTING PLAT BASEMENT	RP408,131,777	RP407,049,491
BKK1	BEKISTING KOLOMLT.1	RP96,378,700	RP95,968,416
PK1	PEMBESIAN KOLOMLT.1	RP117,663,848	RP117,405,849
BTK1	BETON KOLOMLT.1	RP66,230,312	RP65,863,583
BKB1	BEKISTING BALOK LT.1	RP185,826,970	RP185,114,618
BKK2	BEKISTING KOLOMLT.2	RP80,322,294	RP79,980,447
PK2	PEMBESIAN KOLOMLT.2	RP93,846,114	RP93,679,157
BTK2	BETON KOLOMLT.2	RP55,818,719	RP55,486,841
BKB2	BEKISTING BALOK LT.2	RP179,468,839	RP178,782,051
BKK3	BEKISTING KOLOMLT.3	RP65,574,360	RP65,294,236
PK3	PEMBESIAN KOLOMLT.3	RP79,438,299	RP79,296,105
BTK3	BETON KOLOMLT.3	RP47,391,601	RP47,130,277
BKB3	BEKISTING BALOK LT.3	RP146,424,005	RP145,863,876
BKK4	BEKISTING KOLOMLT.4	RP58,629,103	RP58,379,978
PK4	PEMBESIAN KOLOMLT.4	RP65,604,089	RP65,488,729
BTK4	BETON KOLOMLT.4	RP37,444,019	RP37,238,247
BKB4	BEKISTING BALOK LT.4	RP146,424,005	RP145,863,876
BKK5	BEKISTING KOLOMLT.5	RP58,629,103	RP58,379,978
PK5	PEMBESIAN KOLOMLT.5	RP65,604,089	RP65,488,729
BTK5	BETON KOLOMLT.5	RP37,444,019	RP37,237,700
BKB5	BEKISTING BALOK LT.5	RP146,424,005	RP145,863,876
BKK6	BEKISTING KOLOMLT.6	RP58,629,104	RP58,379,979
PK6	PEMBESIAN KOLOMLT.6	RP65,604,089	RP65,487,444
BTK6	BETON KOLOMLT.6	RP37,444,019	RP37,237,475
BKB6	BEKISTING BALOK LT.6	RP146,424,005	RP145,863,876
PB6	PEMBESIAN BALOK LT.6	RP214,626,377	RP214,246,977
BTB6	BETON BALOK LT.6	RP87,755,446	RP87,270,884
BKT6	BEKISTING TANGGALT.6	RP13,988,950	RP13,934,007
PT6	PEMBESIAN TANGGALT.6	RP14,858,480	RP14,832,800
BTT6	BETON TANGGALT.6	RP6,651,554	RP6,614,859

Analisis Cost Variance, Cost Slope, dan Duration Variance untuk Penambahan Jam Kerja/Lembur

Cost Variance :

Nama Pekerjaan : Pembesian Balok Basement

Biaya Normal : Rp257.022.076

Biaya Percepatan :

1 Jam = Rp256.571.948

2 Jam = Rp256.249.591

3 Jam = Rp256.011.443

Selisih biaya (*cost variance*)

= Biaya percepatan – Biaya normal

1 Jam = Rp256.571.948 - Rp257.022.076

= Rp450.128

2 Jam = Rp256.249.591 - Rp257.022.076

= Rp772.485

3 Jam = Rp256.011.443 - Rp257.022.076

= Rp1.010.633

Hasil perhitungan *cost variance* dari seluruh pekerjaan menggunakan *Microsoft Project 2010* dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 5. Hasil perhitungan *Cost Variance* dengan jam waktu lembur 1 jam

NO	KEGIATAN	COST
		VARIANCE (RP)
1	BEKISTING BALOK BASEMENT	Rp728,438
2	PEMBESIAN BALOK BASEMENT	Rp450,128
3	BETON BALOK BASEMENT	Rp605,686
4	PEMBESIAN PLAT A3	Rp263,857
5	BETON PLAT A3	Rp607,022
6	BEKISTING DINDING PIT LIFT	Rp48,936
7	PEMBESIAN DINDING PIT LIFT	Rp16,843
8	BETON DINDING PIT LIFT	Rp36,695
9	BEKISTING PLAT BASEMENT	Rp1,082,286
10	BEKISTING KOLOMLT.1	Rp410,284
11	PEMBESIAN KOLOMLT.1	Rp257,999
12	BETON KOLOMLT.1	Rp366,729
13	BEKISTING BALOK LT.1	Rp712,352
14	BEKISTING KOLOMLT.2	Rp341,847
15	PEMBESIAN KOLOMLT.2	Rp166,957
16	BETON KOLOMLT.2	Rp331,878
17	BEKISTING BALOK LT.2	Rp686,788
18	BEKISTING KOLOMLT.3	Rp280,124
19	PEMBESIAN KOLOMLT.3	Rp142,194
20	BETON KOLOMLT.3	Rp261,324
21	BEKISTING BALOK LT.3	Rp560,129
22	BEKISTING KOLOMLT.4	Rp249,125
23	PEMBESIAN KOLOMLT.4	Rp115,360
24	BETON KOLOMLT.4	Rp205,772
25	BEKISTING BALOK LT.4	Rp560,129
26	BEKISTING KOLOMLT.5	Rp249,125
27	PEMBESIAN KOLOMLT.5	Rp115,360
28	BETON KOLOMLT.5	Rp206,319
29	BEKISTING BALOK LT.5	Rp560,129
30	BEKISTING KOLOMLT.6	Rp249,125
31	PEMBESIAN KOLOMLT.6	Rp116,645
32	BETON KOLOMLT.6	Rp206,544
33	BEKISTING BALOK LT.6	Rp560,129
34	PEMBESIAN BALOK LT.6	Rp379,400
35	BETON BALOK LT.6	Rp484,562
36	BEKISTING TANGGALT.6	Rp54,943
37	PEMBESIAN TANGGALT.6	Rp25,680
38	BETON TANGGALT.6	Rp36,695

Duration variance

Duration Variance adalah selisih antara durasi normal dengan durasi percepatan akibat dilakukannya waktu lembur pada item pekerjaan.

Lembur 1 jam = 7 hari – 6,20 hari
= 0.80 hari

Lembur 2 jam = 7 hari – 5.63 hari
= 1.37hari

Lembur 3 jam = 7 hari – 5.21hari
= 1.79 hari

Cost slope

Cost slope merupakan selisih antara biaya normal dengan biaya percepatan perbanding selisih durasi normal dengan durasi percepatan.

Lembur 1 jam = $\frac{\text{Cost variance}}{\text{Duration variance}}$

= $\frac{\text{Rp.450.128,00}}{0,80 \text{ hari}}$

= Rp.564.446,22/hari

Tabel 7. Hasil *cost slope* untuk waktu lembur 1 jam

No	Kegiatan	Durasi (Hari)	Durasi Percepatan (Hari)	Durasi Variance (Hari)
1	Bekisting Balok Basement	7	5.63	1.37
2	Pembesian Balok Basement	7	5.63	1.37
3	Beton Balok Basement	5	4.02	0.98
4	Pembesian Plat A3	7	5.63	1.37
5	Beton Plat A3	7	5.63	1.37
6	Bekisting Dinding Pit Lift	7	5.63	1.37
7	Pembesian Dinding Pit Lift	7	5.63	1.37
8	Beton Dinding Pit Lift	5	4.02	0.98
9	Bekisting Plat Basement	14	11.26	2.74
10	Bekisting Kolom Lt.1	7	5.63	1.37
11	Pembesian Kolom Lt.1	7	5.63	1.37
12	Beton Kolom Lt.1	5	4.02	0.98
13	Bekisting Balok Lt.1	14	11.26	2.74
14	Bekisting Kolom Lt.2	7	5.63	1.37
15	Pembesian Kolom Lt.2	7	5.63	1.37
16	Beton Kolom Lt.2	5	4.02	0.98
17	Bekisting Balok Lt.2	14	11.26	2.74
18	Bekisting Kolom Lt.3	7	5.63	1.37
19	Pembesian Kolom Lt.3	7	5.63	1.37
20	Beton Kolom Lt.3	5	4.02	0.98
21	Bekisting Balok Lt.3	14	11.26	2.74
22	Bekisting Kolom Lt.4	7	5.63	1.37
23	Pembesian Kolom Lt.4	7	5.63	1.37
24	Beton Kolom Lt.4	5	4.02	0.98
25	Bekisting Balok Lt.4	14	11.26	2.74
26	Bekisting Kolom Lt.5	7	5.63	1.37
27	Pembesian Kolom Lt.5	7	5.63	1.37
28	Beton Kolom Lt.5	5	4.02	0.98
29	Bekisting Balok Lt.5	14	11.26	2.74
30	Bekisting Kolom Lt.6	7	5.63	1.37
31	Pembesian Kolom Lt.6	7	5.63	1.37
32	Beton Kolom Lt.6	5	4.02	0.98
33	Bekisting Balok Lt.6	14	11.26	2.74
34	Pembesian Balok Lt.6	14	11.26	2.74
35	Beton Balok Lt.6	7	5.63	1.37
36	Bekisting Tangga Lt.6	7	5.63	1.37
37	Pembesian Tangga Lt.6	7	5.63	1.37
38	Beton Tangga Lt.6	5	4.02	0.98

Analisis Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung merupakan biaya tidak mungkin menjadi permanen pada sebuah proyek tetapi selalu ada selama proyek berjalan.

Penentuan biaya tidak langsung berdasarkan persamaan sebagai berikut

$$y = -0.95 - 4.888(\ln(x1 - 0.21) - \ln(x2)) + \varepsilon$$

dengan,

$x1$ = Nilai total proyek

$x2$ = Durasi proyek

ε = *random error*

y = Prosentase biaya tak langsung

Sehingga biaya tidak langsung dari proyek adalah sebagai berikut :

$$x1 = \text{Rp.}17.320738.669.00$$

$$x2 = 154 \text{ hari}$$

ε = *random error*

$$y = -0.95 - 4.888(\ln(x1 - 0.21) - \ln(x2)) + \varepsilon$$

$$y = -0.95 - 4.888 (\ln(\text{Rp.}17.320738.669.00 - 0,21) \ln(154)) + \varepsilon$$

$$y = 9.79 \%$$

Biaya tidak langsung

$$= y \times x1$$

$$= 9.79 \% \times \text{Rp.}17.320738.669.00$$

$$= \text{Rp}1,695,821,424.23$$

Contoh perhitungan biaya tidak langsung pada setiap waktu percepatan didapatkan dengan cara dengan cara :

Kegiatan : Pembesian Balok Basement (Kode: PBB)

Kegiatan : Pembesian Balok Basement (Kode: PBB)

Lembur 1 Jam

$$= (\text{Rp}1,385,956,963.76 \times 125.06) / 125.86$$

$$= \text{Rp}1,377,175,379.86$$

Lembur 2 Jam

$$= (\text{Rp}1,194,466,844.34 \times 107.10) / 108.47$$

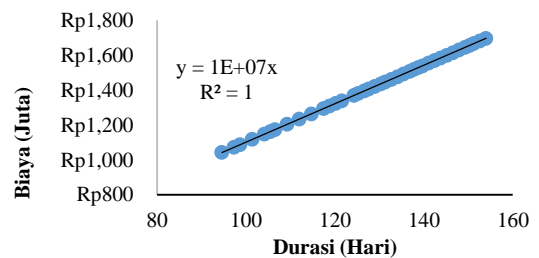
$$= \text{Rp}1,179,404,689.58$$

Lembur 3 Jam

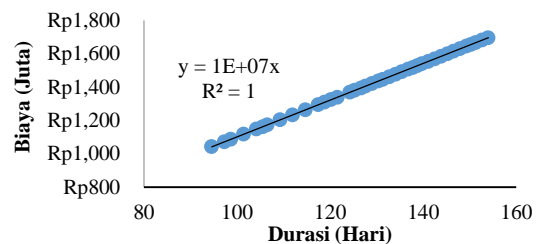
$$= (\text{Rp}1,001,373,413.53 \times 89.15) / 90.94$$

$$= \text{Rp}981,692,700.68$$

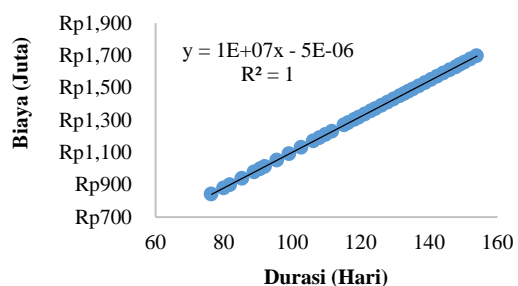
Berdasarkan hasil analisis biaya tidak langsung akibat penambah jam waktu lembur ditunjukkan dalam bentuk grafik sebagai berikut ini.



Gambar 5. Hubungan antara biaya tidak langsung dan durasi untuk waktu lembur 1 jam



Gambar 6. Hubungan antara biaya tidak langsung dan durasi untuk waktu lembur 2 jam



Gambar 7. Hubungan antara biaya tidak langsung dan durasi untuk waktu lembur 3 jam

Analisis Biaya Langsung

Menentukan biaya langsung dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut ini.

Biaya langsung

$$= \text{Biaya Total Proyek} - \text{Biaya Tidak Langsung}$$

$$= \text{Rp.17.322.738.669,00} - \text{Rp.1.695.821.424,23}$$

$$= \text{Rp.15.626.917.244,77}$$

Biaya langsung pada setiap waktu percepatan pelemburan didapatkan dengan cara sebagai berikut:

Kegiatan : Pembesian Balok *Basement* (PBB)

Lembur 1 jam

$$\text{Biaya langsung proyek} + \text{cost variance}$$

$$= \text{Rp15.634.994.053,77} + \text{Rp450.128}$$

$$= \text{Rp15.635.444.181,77}$$

Lembur 2 jam

$$= \text{Rp15.639.909.996,77} + \text{Rp772.485}$$

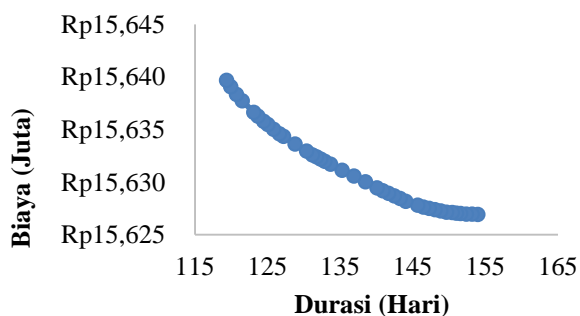
$$= \text{Rp15.640.682.481,77}$$

Lembur 3 jam

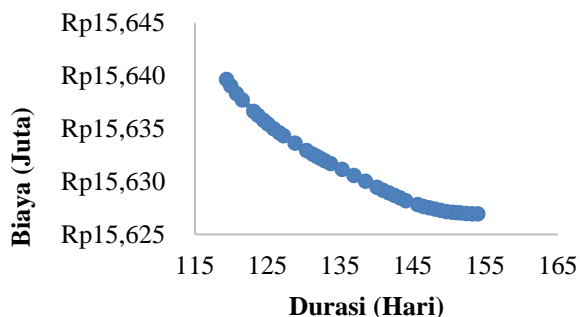
$$= \text{Rp15.645.152.851,77} + \text{Rp1.010.633}$$

$$= \text{Rp15.646.163.484,77}$$

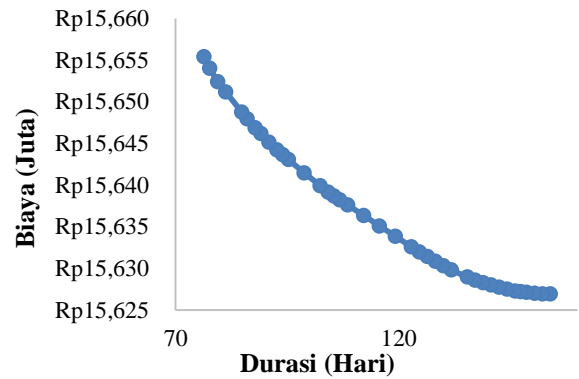
Berdasarkan hasil analisis biaya langsung proyek akibat penambahan jam lembur jika ditampilkan dalam bentuk grafik adalah sebagai berikut ini.



Gambar 8. Hubungan antara biaya langsung dan durasi untuk waktu lembur 1 jam



Gambar 9. Hubungan antara biaya langsung dan durasi untuk waktu lembur 2 jam



Gambar 10. Hubungan antara biaya langsung dan durasi untuk waktu lembur 3 jam

Analisis Biaya Total

Penjumlahan antara biaya tidak langsung dengan biaya langsung akibat penambahan jumlah jam lembur 1 jam, 2 jam, dan 3 jam adalah total biaya proyek. Biaya total dapat dianalisis dengan menggunakan persamaan berikut ini.

Total biaya

= biaya tidak langsung + biaya langsung

Kegiatan = Pembesian Balok *Basement*

Lembur 1 jam

$$= \text{Rp1,377,175,379.86} + \text{Rp15,634,668,081.77}$$

$$= \text{Rp17,011,843,461.63}$$

Lembur 2 jam

$$= \text{Rp1,179,404,689.58} + \text{Rp15,639,305,096.77}$$

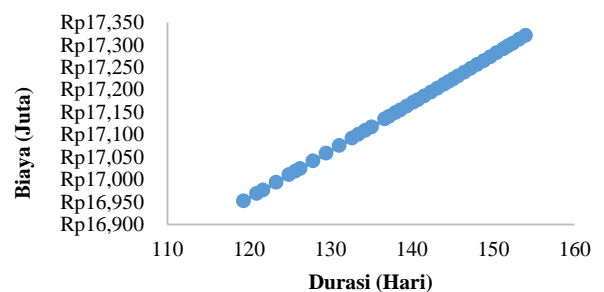
$$= \text{Rp16,818,709,786.35}$$

Lembur 3 jam

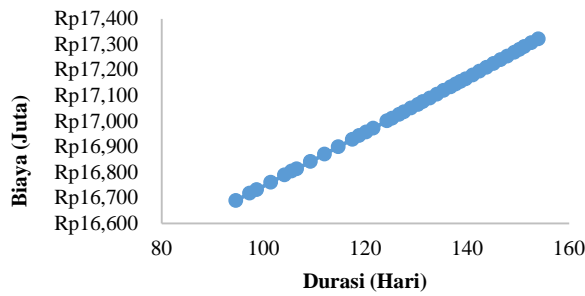
$$= \text{Rp981,692,700.68} + \text{Rp15,644,366,360.77}$$

$$= \text{Rp16,626,059,061.45}$$

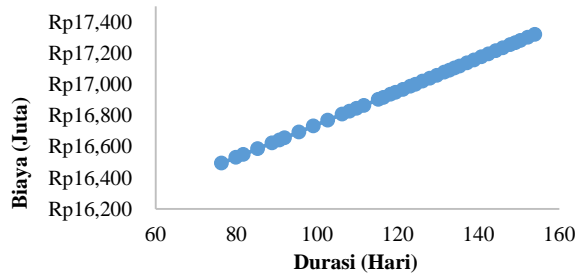
Berdasarkan hasil analisis total biaya proyek akibat penambahan jam lembur jika ditampilkan dalam bentuk grafik adalah sebagai berikut ini.



Gambar 11. Hubungan antara total biaya dan durasi untuk waktu lembur 1 jam



Gambar 12. Hubungan antara total biaya dan durasi untuk waktu lembur 2 jam



Gambar 13. Hubungan antara total biaya dan durasi untuk waktu lembur 3 jam

Analisis Biaya Penambahan Tenaga Kerja

Penambahan tenaga merupakan kebutuhan tenaga kerja yang dihitung kembali berdasarkan pada durasi kegiatan yang telah dilakukan percepatan tanpa mengurangi maupun menambahkan jam kerja yang telah ada.

Nama pekerjaan: Pemebsian balok *basement* (PBB)

Volume pekerjaan = 25653,30 kg

Durasi normal = 7 hari

Durasi percepatan = 6,2 hari

Tabel 8. Kebutuhan tenaga kerja kegiatan pembesian balok *basement*

Tenaga Kerja	Satuan	Koefisien	Harga
Pekerja	OH	0.007	Rp7.142,86
Tukang Besi	OH	0.007	Rp12.857,14
Kepala Tukang	OH	0.0007	Rp12.857,14
Mandor	OH	0.0004	Rp12.857,14

Analisis jumlah tenaga dan upah tenaga kerja per hari.

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \frac{(\text{koefisien} \times \text{volume})}{\text{durasi}}$$

$$\text{Upah tenaga kerja} = \text{Jumlah tenaga kerja} \times \text{harga}$$

a. Pekerja

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \left(\frac{0,007 \times 25653,3}{6,2 \times 7} \right) = 4,14$$

$$\text{Upah tenaga kerja} = 4,14 \times \text{Rp}7.142,86 = \text{Rp}29.571,43$$

b. Mandor

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \left(\frac{0,0004 \times 25653,3}{6,20 \times 7} \right) = 4,14$$

$$\text{Upah tenaga kerja} = 4,14 \times \text{Rp}12.857,14 = \text{Rp}53.228,57$$

c. Kepala tukang

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \left(\frac{0,0007 \times 25653,3}{6,20 \times 7} \right) = 0,42$$

$$\text{Upah tenaga kerja} = 0,42 \times \text{Rp}12.857,14 = \text{Rp}5.400,00$$

d. Tukang besi

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \left(\frac{0,007 \times 25653,3}{6,20 \times 7} \right) = 0,24$$

$$\text{Upah tenaga kerja} = 0,24 \times \text{Rp}12.857,14 = \text{Rp}3.085,71$$

Maka total upah tenaga kerja dengan durasi 7 hari pada pekerjaan pembesian balok *basement* yaitu :
 $= (\text{Rp}29.571,43 + \text{Rp}53.228,57 + \text{Rp}5.400,00 + \text{Rp}3.085,71) \times 6,20 \text{ hari} \times 7 \text{ jam kerja/hari}$
 $= \text{Rp}3.963.417,72$

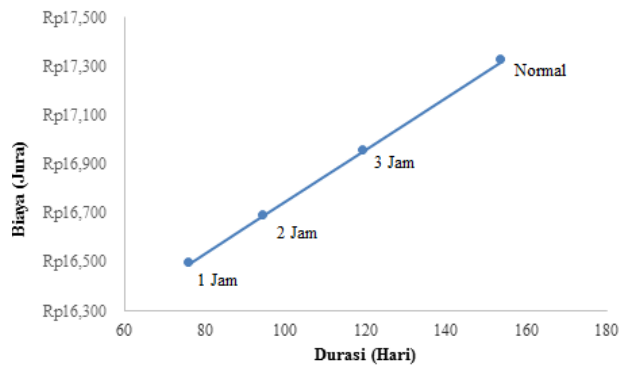
Perbandingan antara penambahan jam lembur dengan penambahan tenaga kerja

Hasil dari analisa metode *Time cost trade off* antara penambahan jam lembur dengan waktu lembur 1 – 3 jam dengan penambahan tenaga kerja didapatkan perbedaan hasil. Berikut adalah tabel analisis dari perbandingan antara penambahan jam lembur dengan penambahan tenaga kerja.

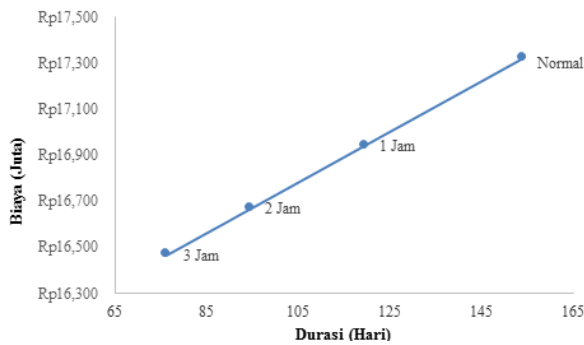
Tabel 9. Hasil perbandingan antara biaya penambahan jam lembur dan penambahan tenaga kerja

Penambahan Tenaga	Durasi	Biaya Penambahan Jam Lembur (Rp)	Biaya Penambahan Tenaga Kerja (Rp)
Normal	154	Rp17.320.738.669,00	Rp17.320.738.669,00
1 Jam	11,37	Rp16.952.122.341,01	Rp16.939.852.112,94
2 Jam	94,60	Rp16.689.777.772,10	Rp16.667.132.638,34
3 Jam	76,38	Rp16.494.553.550,74	Rp16.466.536.753,35

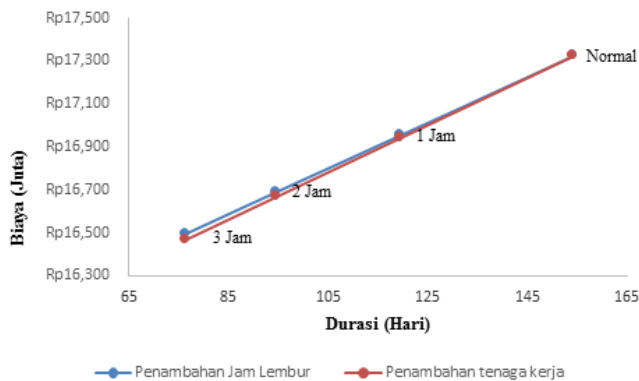
Berikut adalah hasil dalam grafik perbandingan antara penambahan jam lembur dan penambahan tenaga kerja.



Gambar 14. Hubungan antara biaya dan durasi terhadap penambahan jam lembur



Gambar 15. Hubungan antara biaya dan durasi terhadap penambahan tenaga kerja



Gambar 16. Hubungan antara biaya dan durasi terhadap penambahan jam lembur dengan penambahan tenaga kerja

Perhitungan Biaya Denda Keterlambatan

Menentukan biaya denda keterlambatan suatu proyek dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut ini.

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

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

Sehingga analisis perhitungan biaya denda keterlambatan adalah sebagai berikut ini.

Kegiatan : Pembesian Balok *Basement*

Total hari keterlambatan = 0,80 hari

Biaya total proyek = Rp.17.320.738.669,00

Total denda

$$= 0,80 \times 1/1000 \times \text{Rp.17.320.738.669,00}$$

$$= \text{Rp.13.812.740,96}$$

5. Kesimpulan

Berdasarkan data analisa dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan pada Proyek Pembangunan Gedung X sebagai berikut :

- Biaya total proyek pada kondisi normal sebesar Rp.17.320.738.669,00 dengan durasi selama 154 hari. Pada penambahan jam lembur selama 1 jam dengan durasi waktu 119,37 hari dengan total biaya sebesar Rp16.952.122.341,01 lalu pada penambahan lembur selama 2 jam didapatkan durasi waktu selama 94,60 hari dengan biaya total sebesar Rp16.689.777.772,10 dan pada penambahan jam lembur selama 3 jam, waktu durasi menjadi 76,38 hari dan biaya total menjadi Rp16.494.553.550,74.
- Setelah penambahan tenaga kerja yang setara dengan waktu lembur selama 1 jam dengan durasi waktu 119,37 hari dengan total biaya sebesar Rp16.939.852.112,94, lalu pada penambahan tenaga kerja yang setara dengan waktu lembur selama 2 jam didapatkan durasi waktu selama 94,60 hari dengan biaya total sebesar Rp16.667.132.638,34, dan pada penambahan tenaga kerja yang setara jam lembur selama 3 jam, waktu durasi menjadi 76,38 hari dan biaya total menjadi Rp16.466.536.753,35.
- Berdasarkan hasil diatas dapat diambil kesimpulan bahwa dengan penambahan jam lembur dengan waktu lembur selama 3 jam didapat hasil yang lebih efektif dengan durasi pekerjaan menjadi 76,38 hari dan biaya sebesar Rp16.494.553.550,74 dengan selisih biaya sebesar Rp826.185.118,26. Dan pada penambahan tenaga kerja didapat pula hasil yang efektif dengan waktu lembur 3 jam durasi pekerjaan menjadi 76,38 hari dengan biaya total Rp16.466.536.753,35 selisih biaya menjadi Rp854.201.915,65.
- Perbandingan antara metode penambahan jam lembur dan tenaga kerja dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan penambahan tenaga kerja lebih efektif daripada penambahan jam lembur karena dengan penambahan tenaga kerja didapat biaya yang lebih efisien dengan percepatan durasi yang sama.

- e. Percepatan waktu lembur dan penambahan tenaga kerja memiliki biaya yang lebih kecil dibanding dengan biaya denda proyek jika mengalami keterlambatan.

6. Daftar Pustaka

- Andhita, A., dan Dani, H., 2017. Analisis Pemampatan Waktu Terhadap Biaya pada Pembangunan My Tower Hotel & Apartement Project dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO), *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 3(3), 47-55.
- Bangun, T., D., Irwan, H., Dan Purabvsari, A., 2016. Analisis Percepatan Critical Path Method Pada Proyek Pembangunan Ruang Akomodasi 50 Pack Awb (Studi Kasus PT. Trikarya Alam), *Prosiensi*, 4(1), 58-67.
- Chusairi. 2015. Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan Gedung tipe B SMPN Baru Siwalankerto". *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 2(2), 09-15.
- Halpin, Daniel W.2009. "Construction Management". Canada : John Willey & Sons, Inc, edisi kedua.
- Hendrickson, Chris.1989. "Project Management For Construction". Pittsburgh : Prentice Hall.
- Maddepungeng, A., Suryani , I., dan Hermawan, D. 2015. Analisis Optimasi Biaya Dan Waktu Dengan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Pasar Petir Serang Banten). *Jurnal Fondasi*, 4(1), 20-27.
- Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia. 2014. Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur. *KEPMEN No.102 Tahun 2004*.
- Muhammad, A., A., dan Indriyani, R. 2015. Analisa Time Cost Trade Off Pada Proyek Pasar Sentral Gadang Malang. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), 2301-9271
- Nugraha, Paulus. 1986. *Manajemen Proyek Konstruksi 2*. Kartika Yudha, Surabaya.
- Paridi, M., R., A dan Priyo, M. 2018. Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi Pembangunan Gedung Olahraga (GOR). *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 21(1), 72-84.
- Pawiro, D.A., Suharyanto, Atmojo, P.S., 2014. Optimalisasi Biaya dan Waktu dalam Penyusunan Jadwal Pelaksanaan Proyek (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Pusat Kegiatan Mahasiswa Universitas Diponegoro Semarang. *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*, 20(2), 103-108.
- 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 Teknika*, 18(1), 30-43.
- Priyo, M., dan Sartika. 2014. Analisis Waktu Pelaksanaan proyek Konstruksi dengan Variasi Penambahan Jam Kerja. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 17(2), 98-105.
- Priyo, M., Sumanto, A., 2016. Analisis Percepatan Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus Pembangunan Prasarana Pengendalian Banjir). *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 19(1), 1-15.
- Siswanto, 2007, *Operation Riset*. Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, I. 1997. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Erlangga. Jakarta.
- Stelth, Peter and Professor Guy le Roy. "Projects Analysis Through CPM(Critical Path Method)", *School of Doctoral Studies (European Union) Journal No1*. 2009. 10-50.
- Wowor,F.,N., Sompie, B., F., Wlngitn, D., R., O., dan Malingkas, G., Y. 2013. Perbandingan Tenaga Kerja Terhadap Biaya Pelaksanaan Proyek dengan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Instalasi Farmasi Blahkuih). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 17 (2), 129-138.

