

Studi Optimasi Waktu dan Biaya Menggunakan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan Gedung Cabang Pelayanan Dinas Pendapatan Kabupaten Karawang

Study of Time and Cost Optimization Using the Time Cost Trade Off Method on the Project for Building the Revenue Service Branch Building of Karawang Regency

Irfan Fadila Hilmi, Mandiyo Priyo, Yoga Apriyanto Harsoyo

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Waktu dan biaya merupakan faktor yang dapat mempengaruhi keberhasilan atau kegagalan suatu proyek konstruksi, suatu proyek konstruksi dinyatakan berhasil apabila waktu yang diselesaikan lebih cepat serta biaya yang dikeluarkan seminimal mungkin, akan tetapi memiliki mutu yang terjamin sesuai dengan rencana proyek. Selain itu, dengan memerhatikan waktu pelaksanaan maka proyek secara langsung terhindar dari biaya denda akibat keterlambatan proyek. Penelitian ini menggunakan metode *Time Cost Trade Off* dengan tujuan mengoptimasikan waktu dan biaya pada pelaksanaan proyek pembangunan gedung Cabang Pelayanan Dinas Pendapatan (CPDP) Kabupaten Karawang, Jawa Barat, dengan cara penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja yang bervariasi dari 1 jam sampai 3 jam lembur. Selanjutnya dibandingkan dengan biaya denda dengan perubahan biaya sebelum dan sesudah penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja menggunakan program *Microsoft Project 2010*. Dari analisis yang telah dilakukan didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa dari ketiga penambahan jam lembur diperoleh biaya termurah yaitu pada penambahan jam kerja (lembur) 3 jam didapat durasi optimum percepatan 222,85 hari dari durasi normal 381 hari dengan biaya total sebesar Rp.7.773.424.572,78. Sedangkan untuk penambahan tenaga kerja diperoleh durasi optimum percepatan 222,85 hari selisih 58,15 hari dari waktu normal dengan biaya sebesar Rp.7.707.570.794,45. Untuk mempercepat durasi proyek dengan penambahan tenaga kerja lebih efisien dan murah jika dibandingkan dengan penambahan jam kerja (lembur) serta lebih murah apabila dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan apabila proyek mengalami keterlambatan dan dikenakan denda.

Kata kunci : Time Cost Trade Off , Penambahan Jam Lembur, Penambahan Tenaga Kerja, Microsoft Project 2010

Abstract. Time and cost are the factor which can influence the success or failure a construction project, a construction project can be proclaim as successful if the time is completed faster and the cost is to a minimum, but has guaranteed in accordance with project plan. Besides, by paying attention to the time of implementation, the project is protected directly from the cost of fines due to project delay. This research use Time Cost Trade Off method in order to optimize time and cost on the construction of the Revenue Service Branch (RSB) building project in Karawang Regency, West Java, by adding the work hours (overtime) and adding the variation labor from 1 until 3 hours overtime. Then, comparing to the cost of fines with cost change before and after adding work hours (overtime) and labor using Microsoft Project 2010 program. From the analysis which has been done, the result shows that from adding three hours overtime the lowest cost is on adding work hours (overtime) 3 hours, the optimum duration acceleration of 222.85 days was obtained from the normal duration of 381 days with a total cost of Rp.7,773,424,572.78. However, to adding the labor is obtained an optimum duration acceleration 222,85 days difference of 58.15 days from normal time at a cost of Rp.7,707,570,794.45. In order to accelerate project duration by adding labor more efficient and lower if comparing to adding work hour (overtime) and cheaper than the incurred costs if the project delay and will be imposed the fine.

Keywords : Time Cost Trade Off , Extension of Overtime Hours, Extension of Labor, Microsoft Project 2010

1. Pendahuluan

Keberhasilan maupun kegagalan suatu proyek dipengaruhi oleh waktu dan biaya yang

di gunakan (Priyo dan Aulia, 2015). Waktu penyelesaian dan biaya minimal namun sesuai dengan perencanaan proyek dapat menjadi parameter keberhasilan suatu proyek

konstruksi. Besarnya suatu proyek diikuti dengan besarnya masalah yang akan dihadapi, namun jika pelaksanaan proyek dapat dikelola dengan baik dan tepat sesuai rencana atau bahkan lebih cepat akan memberikan keuntungan dari segi biaya pelaksanaan.

Menurut Maddepungeng dkk. (2015) Analisa Time Cost Trade Off, atau yang lebih dikenal dengan TCTO, merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah apabila suatu proyek mengalami keterlambatan. Sebab di dalam TCTO terdapat alternatif untuk mengatasi keterlambatan dan mengkompres jaringan kerja yaitu salah satunya dengan menggunakan penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja dan kombinasi dari keduanya.

Sebagai contoh yaitu penelitian yang dilakukan oleh Chusairi dan Suryanto (2015) pada proyek pembangunan Gedung Type B SMPN Baru Siwalankerto didapatkan kesimpulan untuk percepatan penambahan jam kerja diperoleh durasi optimum proyek 291 hari dengan biaya optimum sebesar Rp.5.789.862.276,72. Selisih antara durasi normal (315 hari) dengan durasi optimum proyek (291 hari) adalah 24 hari, sedangkan selisih antara biaya normal (Rp.5.803.059.342,48) dengan biaya optimum proyek (Rp.5.789.862.276,72) adalah sebesar Rp 13.197.065,76. Penurunan biaya tidak langsung sebesar Rp.22.548.800,00 yang lebih besar daripada kenaikan biaya langsung sebesar Rp.9.351.734,24, hal ini menyebabkan biaya optimum proyek lebih kecil daripada biaya normal proyek.

Penelitian lainnya juga dilakukan oleh Muhammad dan Indriyani (2015) pada proyek pembangunan Pasar Sentral Gadang Malang didapatkan durasi optimum proyek sebesar 204 hari dengan biaya total sebesar Rp.61.288.168.724. Dibandingkan dengan jadwal normal selama 230 hari dan biaya sebesar Rp.61.443.954.427, proyek tersebut dapat dipercepat 26 hari dan menghemat biaya sebesar Rp155.785.703.

Pawiro dkk. (2014) melakukan penelitian yang sama pada proyek pembangunan Gedung Pusat Kegiatan Mahasiswa Universitas Diponegoro Semarang didapatkan waktu penyelesaian proyek optimal adalah 133 hari dengan biaya total Rp.6.252.074.822 waktu

pelaksanaan proyek lebih cepat 2 hari dari waktu normal 135 hari atau 1,48% dan efisiensi biaya diperoleh sebesar Rp.3.188.339 dari biaya normal Rp.6.255.263.161,25 atau 0,051%.

Pada penelitian ini akan dipaparkan mengenai perubahan waktu dan biaya pelaksanaan proyek sebelum dan sesudah penambahan jam (lembur) penambahan tenaga kerja dengan memilih hasil akhir yang paling optimal dari dua analisis tersebut dengan bantuan program *Microsoft Project* 2010.

2. Landasan Teori

Manajemen Proyek

Soeharto (1999) Menyatakan bahwa manajemen konstruksi adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya guna mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan sebelumnya.

Menurut Soeharto (1999), manajemen proyek memiliki beberapa tujuan diantaranya sebagai berikut:

1. Agar semua rangkaian kegiatan tersebut tepat waktu, dengan kata lain tidak terjadi keterlambatan penyelesaian proyek.
2. Biaya yang sesuai, dalam hal ini maksudnya tidak ada biaya tambahan lagi di luar dari perencanaan biaya yang telah direncanakan.
3. Kualitas sesuai dengan persyaratan.
4. Proses kegiatan sesuai dengan persyaratan.

Network Planning

Network planning adalah rencana kejadian-kejadian dan kegiatan yang akan terjadi dan saling berhubungan antara suatu kejadian atau kegiatan dengan yang lainnya. Manajemen perencanaan proyek dengan adanya *network planning* akan membuat waktu dan biaya lebih efisien karena semua aktivitas diusahakan dapat selesai dengan cepat, sesuai harapan dan bergabung dengan aktivitas lainnya.

Biaya Total

Arvianto dkk. (2017) menyatakan biaya total proyek adalah hasil dari penjumlahan biaya langsung dengan biaya tidak langsung. Kedua biaya tersebut dapat berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan suatu proyek. Walaupun tidak ada rumus yang pasti tentang

ini, namun pada umumnya semakin lama suatu proyek berjalan akan semakin tinggi total biaya tidak langsung yang diperlukan. Sedangkan biaya optimal diperoleh dari total biaya proyek yang terkendali.

Metode Pertukaran Waktu dan Biaya (Time Cost Trade Off)

Dalam perencanaan proyek, salah satu aspek penting dalam manajemen adalah biaya. Oleh karena itu, biaya yang ada sebaiknya dikendalikan seminimal mungkin. Hali itu dapat dikendalikan dengan memperhatikan faktor waktu, karena waktu dan biaya saling berhubungan erat.

Time cost trade off adalah analisis tentang pertukaran waktu dan biaya, analisa ini dapat mengubah waktu dan biaya suatu proyek. Jika waktu pelaksanaan proyek dipercepat maka biaya langsung proyek akan bertambah dan biaya tidak langsung proyek akan berkurang (Priyo dan Sumanto, 2016).

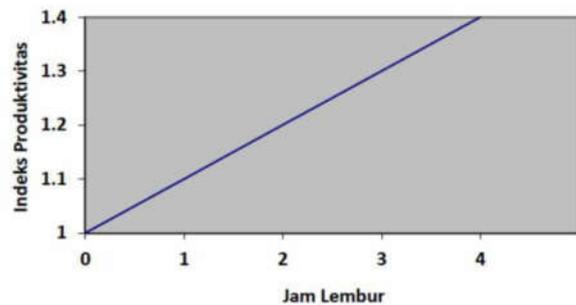
Produktivitas Pekerja

Produktivitas yaitu rasio antara *input* dan *output*, dengan arti lain, produktivitas adalah rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Rasio produktivitas adalah nilai yang dihitung selama proses kontruksi yang dapat dipisah menjadi biaya tenaga kerja, biaya material, alat dan metode. Proyek kontruksi akan dikatakan berhasil salah satunya tergantung pada efektivitas pengelolaan sumber daya nya. Upah yang diberikan tergantung pada kemampuan masing-masing pekerja karena karakter yang dimiliki pekerja berbeda-beda satu sama lain.

Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (lembur)

Menambah jam kerja (lembur) merupakan cara yang dilakukan untuk mempercepat waktu penyelesaian suatu proyek. Penambahan jam kerja sering dilakukan karena dapat memanfaatkan sumber daya yang sudah tersedia di lapangan, hanya dengan tambahan biaya yang akan dikeluarkan secara efisien oleh kontraktor. Penambahan jam kerja (lembur) bisa dilakukan dengan penambahan 1 sampai 3 jam sesuai dengan waktu yang dibutuhkan. Semakin besar penambahan jam kerja (lembur) maka nilai indeks produktivitas bertambah dan

prestasi kerja menurun. Indikasi dari penurunan produktivitas pekerja terhadap penambahan jam kerja (lembur) pada gambar berikut.



Gambar 1 Indikasi penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja (lembur) (Soeharto,1999)

Dari penjelasan di atas dapat ditulis persamaan 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 sesudah *crash*

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

Keterangan :

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

4. *Crash duration*

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas Harian Sesudah Crash}}$$

Pelaksanaan Tenaga Kerja

Pada tahap ini penambahan tenaga kerja harus diperhatikan supaya pekerjaan lain tidak terganggu. Berikut ini cara menentukan penambahan tenaga kerja.

1. Jumlah tenaga kerja normal

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

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

Biaya Tambahan Pekerja (Crash Cost)

Perhitungan *crash cost* digunakan untuk mencari slope biaya (*cost slope*) masing –

masing aktivitas. Penambahan waktu tenaga kerja tentunya akan menambah biaya untuk tenaga kerja dari biaya normal tenaga kerja.

Berdasarkan 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. Pada penambahan waktu kerja 1 jam pertama, pekerja akan mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah perjam waktu normal, sedangkan untuk penambahan jam kerja berikutnya maka pekerja mendapatkan 2 kali upah perjam waktu normal.

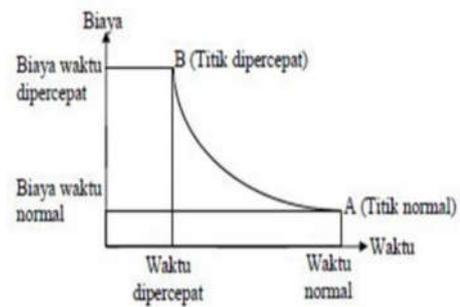
Berikut ini adalah rumus perhitungan untuk biaya tambahan pekerja:

1. Biaya normal pekerja per hari
= Produktivitas harian x Harga satuan upah pekerja
2. Biaya normal per jam
= Produktivitas per jam x harga satuan upah pekerja
3. Biaya lembur pekerja
= 1,5 x upah sejam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) pertama + 2 x n x upah sejam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) berikutnya
Keterangan :
n = jumlah penambahan jam kerja (lembur)
4. *Crash cost* pekerja per hari
=(jam kerja per hari x biaya normal pekerja)
+ (n x biaya lembur per jam)
5. *Cost slope*
=(*crash cost* – biaya normal) / (durasi normal – durasi *crash*)

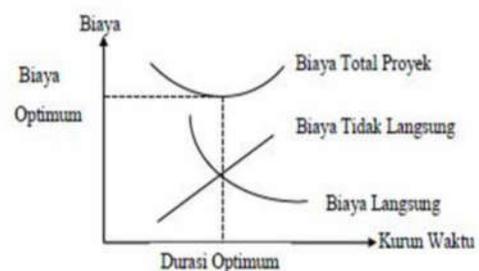
Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Total biaya proyek sama dengan jumlah biaya langsung dan tidak langsung. Total biaya proyek ini tergantung dari penyelesaian suatu proyek. Hubungan antara biaya dengan waktu bisa dilihat pada gambar 2. Titik A pada gambar menunjukkan kondisi normal, sedangkan untuk titik B pada gambar menunjukkan kondisi dipercepat. Garis yang menghubungkan titik A dengan titik B dinamakan kurva waktu dan biaya. Gambar 2 menjelaskan bahwa semakin besar penambahan jam kerja (lembur) akan semakin cepat pula waktu penyelesaian proyek, namun pengeluaran biaya tambahan akan semakin besar. Gambar 3 menunjukkan grafik hubungan biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total. Terlihat juga bahwa biaya

optimum dapat diperoleh dengan mencari hasil biaya total proyek yang paling kecil.



Gambar 2 Grafik hubungan waktu dan biaya pada kondisi normal dan dipercepat untuk suatu kegiatan (Soeharto,1999)



Gambar 3 Grafik hubungan waktu dengan biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total (Soeharto,1999)

Biaya Denda

Keterlambatan penyelesaian suatu proyek akan menyebabkan kontraktor terkena sanksi/hukuman berupa denda yang telah disetujui dalam dokumen kontrak. Denda perhari karena keterlambatan proyek sebesar 1 ‰ (per mil) dari nilai kontrak. Biaya denda tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini.

Total denda = total waktu keterlambatan x denda perhari keterlambatan

Microsoft Project

Microsoft Project merupakan program aplikasi pengolah lembar kerja yang berguna untuk manajemen proyek, pencarian data, dan pembuatan grafik. Menurut Wowor dkk. (2013) dalam penelitiannya menyatakan *Microsoft Project* merupakan salah satu bagian dari *Microsoft Office Professional* yang mampu mengelola data-data mengenai kegiatan proyek konstruksi.

3. Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan gedung Kantor Cabang Pelayanan Dinas Pendapatan (CPDP) yang berlokasi di Jalan Ahmad Yani No.98, Kelurahan Nagasari, Kecamatan Karawang Barat, Kabupaten Karawang.

Tahapan dan Prosedur Penelitian

Setiap penelitian yang dilakukan harus secara sistematis dengan urutan yang jelas dan baik, sehingga sesuai dengan hasil yang diharapkan. Berikut ini adalah tahapan penelitian yang harus dilakukan.

Tahap 1 : Persiapan

Sebelum melakukan penelitian perlu dilakukan pendalaman ilmu yang berhubungan dengan topik penelitian. Selain itu lakukan persiapan terhadap data – data yang nantinya akan digunakan pada penelitian.

Tahap 2 : Pengumpulan Data

Data yang diperlukan untuk penelitian adalah sebagai berikut.

1. Rencana Anggaran Biaya (RAB)
2. Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)
3. Kurva-S (*Time Schedule*)

Tahap 3 : Tahap Analisis dan Pembahasan

Analisis data dilakukan dengan menggunakan bantuan *software microsoft project 2010* dengan cara memasukkan data – data perencanaan. Selanjutnya melakukan analisa yang difokuskan pada kegiatan – kegiatan kritis yang nantinya akan dilakukan percepatan sehingga mendapatkan hasil berupa waktu dan biaya yang optimal. Setelah mendapatkan semua hasil, maka langkah selanjutnya membandingkan hasil analisis sebelum percepatan dan sesudah percepatan dilakukan.

Tahap 4 : Kesimpulan

Tahapan terakhir pada penelitian ini adalah kesimpulan. Dalam tahap ini, analisis hasil data dibuat kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

4. Hasil dan Pembahasan

Data Umum Proyek

Data umum proyek pembangunan gedung Kantor Cabang Pelayanan Dinas Pendapatan (CPDP) yang terletak di Karawang ini mempunyai data seperti pemilik proyek adalah A, konsultan

supervisi PT.B, kontraktor PT.C. Anggaran pada proyek ini sebesar Rp.7.977.776.991,00 dengan waktu pelaksanaan 281 hari.

Daftar Lintasan Kritis

Berikut daftar kegiatan- kegiatan kritis yang diperoleh berdasarkan analisis menggunakan *microsoft project 2010*.

Tabel 1 Daftar kegiatan kritis kondisi normal

Kode	Kegiatan	Durasi
PDPB	Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank	7
UPPL1	Urugan Pasir Plat Lantai (lantai 1)	7
LKPL1	Pek. Lantai Kerja Plat Lantai (lantai 1)	7
UPFL1	Urugan Pasir Fit Lift (lantai 1)	7
LKFL1	Pek. Lantai Kerja Fit Lift (lantai 1)	7
BFL1	Pek. Bekisting Fit Lift (lantai 1)	7
PPFL1	Pek. Pembesian Polos Fit Lift (lantai 1)	7
BDSW1	Pek. Bekisting Dinding Shear Wall	7
PUDSW1	Pek. Pembesian Ulir Dinding Shear Wall	7
PUT1	Pek. Pembesian Ulir Tangga (lantai 1)	7
PPT1	Pek. Pembesian Polos Tangga (lantai 1)	7
K300K1	Pek. Pembetonan K300 Kolom (lantai 2)	21
PUK2	Pek. Pembesian Ulir Kolom (lantai 2)	21
PPK2	Pek. Pembesian Polos Kolom (lantai 2)	14
PUB2	Pek. Pembesian Ulir Balok (lantai 2)	21
PPB2	Pek. Pembesian Polos Balok (lantai 2)	14
PPPL2	Pek. Pembesian Polos Plat Lantai (antai 2)	21
BT2	Pek. Bekisting Tangga (lantai 2)	7
PUT2	Pek. Pembesian Ulir Tangga (lantai 2)	7
PPT2	Pek. Pembesian Polos Tangga (lantai 2)	7
PPPL3	Pek. Pembesian Polos Plat Lantai lantai 3	21
BT3	Pek. Bekisting Tangga (lantai 3)	7
PUT3	Pek. Pembesian Ulir Tangga (lantai 3)	7
PPT3	Pek. Pembesian Polos Tangga (lantai 3)	7

Analisis Penambahan Jam Kerja (lembur)

Menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 penambahan jam kerja (lembur) maksimal 3 jam. Hal ini dipengaruhi oleh penurunan produktivitas setiap jam nya. Langkah awal analisis pada penambahan jam kerja (lembur) adalah dengan cara menentukan biaya lembur pada setiap tenaga kerja. Berikut ini perhitungan upah biaya lembur.

$$\begin{aligned}
 \text{Resource name} &= \text{Mandor} \\
 \text{Biaya normal per hari} &= \text{Rp.140.000,00} \\
 \text{Jam kerja normal perhari} &= 8 \text{ jam/hari} \\
 \text{Biaya normal per jam} &= \frac{\text{Rp.140.000,00}}{8 \text{ jam/hari}} \\
 &= \text{Rp.17.500,00}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk biaya lembur setiap jam dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ jam} &= 1,5 \times \text{biaya normal per jam} \\
 2 \text{ jam} &= (1,5 \times \text{biaya normal per jam}) + (2 \times (1 \times \text{biaya normal per jam})) \\
 3 \text{ jam} &= (1,5 \times \text{biaya normal per jam}) + (2 \times (2 \times \text{biaya normal per jam}))
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan biaya lembur didapatkan hasil seperti pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Biaya Lembur Pekerja

Durasi (hari)	Biaya (Rp.)
Normal	137.028.400,00
Lembur 1 jam	138.291.886,00
Lembur 2 jam	140.505.904,00
Lembur 3 jam	146.217.959,00

Percepatan Waktu (Crashing)

Tahap *crashing* yaitu tahap percepatan durasi untuk kegiatan- kegiatan kritis. Sebelum melakukan percepatan durasi (*crashing*) ke *Microsoft Project 2010* alangkah baiknya melakukan secara manual terlebih dahulu. Penurunan produktivitas setiap jam nya menjadi faktor yang memengaruhi dalam perhitungan percepatan. Produktivitas kerja lembur 1 jam per hari sebesar 0,9 atau 90%, 2 jam per hari sebesar 0,8 atau 80%, dan 3 jam per hari menjadi sebesar 0,7 atau 70%. Perhitungan percepatan durasi (*crashing*) dapat dilakukan dengan persamaan berikut ini.

Volume

$$(\sum pp \times pn \times \text{jam lembur}) + (pn \times \text{jam kerja normal})$$

Keterangan :

pp = penurunan produktivitas kerja

pn = produktivitas normal per jam

Contoh perhitungan yang diambil adalah pekerjaan pembesian ulir balok lantai 2 (PUB2). Hasilnya dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Durasi sebelum dan sesudah melakukan percepatan

Durasi (hari)	
Normal	21
Lembur 1 jam	18,88
Lembur 2 jam	17,32
Lembur 3 jam	16,15

Biaya Lembur

Perhitungan biaya normal dan biaya lembur memiliki persamaan yang sama jumlah tenaga kerja dikalikan harga normal/lembur. Berikut adalah hasil perhitungan biaya lembur pekerjaan pembesian ulir balok lantai 2 (PUB2).

Tabel 4 Biaya sebelum dan sesudah lembur

Lembur (jam)	Biaya Per Jam (Rp.)	Biaya Total (Rp.)
1	Rp.26.250,00	Rp.26.250,00
2	Rp.30.625,00	Rp.61.250,00
3	Rp.43.750,00	Rp.131.250,00

Cost Variance

Cost variance yaitu selisih antara biaya setelah percepatan dan biaya normal suatu kegiatan proyek. Berikut adalah hasil perhitungan *cost variance* pekerjaan pembesian ulir balok lantai 2 (PUB2).

Tabel 5 Hasil *cost variance*

Lembur (jam)	<i>Cost Variance</i> (Rp.)
1	1.263.486
2	3.477.504
3	9.189.559

Cost Slope

Cost slope yaitu perbandingan antara selisih biaya percepatan dengan biaya normal dan selisih durasi normal dengan durasi percepatan. Pada tabel 6 merupakan hasil perhitungan *cost slope* pekerjaan pembesian ulir balok lantai 2 (PUB2).

Tabel 6 Hasil *cost slope*

Lembur (jam)	<i>Cost Slope</i> (Rp.)
1	594.974,89
2	944.868,03
3	1.896.258,21

Duration Variance

Duration variance yaitu selisih antara durasi normal dan durasi percepatan. Pada tabel 7 merupakan hasil perhitungan *duration variance* pekerjaan pembesian ulir balok lantai 2 (PUB2).

Tabel 7 Hasil *duration variance*

Lembur (jam)	<i>Duration variance</i> (hari)
1	2,12
2	3,68
3	4,85

Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung pada Penambahan Jam Kerja (lembur)

Menurut Laksana dkk. (2014) biaya langsung yaitu elemen biaya yang mempunyai kaitan langsung dengan volume pekerjaan yang sudah ada dalam item pembayaran yang akan

menjadi komponen permanen hasil akhir suatu proyek. Biaya tidak langsung yaitu biaya yang sulit dimasukkan atau dialokasikan untuk suatu kebutuhan kegiatan atau aktivitas kerja tertentu (Syatuti, 2015). Biaya langsung didapatkan dari selisih biaya total dengan biaya tidak langsung, sedangkan untuk biaya tidak langsung dapat dicari dengan persamaan berikut ini.

$$y = -0,95 - (4,888(\ln(x_1 - 0,21) - \ln(x_2))) + \varepsilon$$

dengan:

x_1 = nilai proyek

x_2 = durasi pelaksanaan proyek

ε = random error

$$y = -0,95 (4,888(\ln(\text{Rp.7.977.776.991,00} - 0,21) - \ln(281))) + \varepsilon$$

$$y = 0,1659 = 16,59\%$$

Tabel berikut ini adalah hasil dari analisa biaya langsung dan biaya tidak langsung.

Tabel 8 Biaya langsung dan biaya tidak langsung

Durasi (hari)	Biaya tidak langsung (Rp.)	Biaya langsung (Rp.)
281	1.323.509.670,62	6.654.267.320,38
255,52	1.203.484.082,47	6.663.752.862,38
236,84	1.115.492.815,17	6.680.528.116,38
222,85	1.049.605.123,85	6.723.819.449,38

Biaya total proyek ini pada waktu normal adalah Rp.7.977.776.991,00, untuk waktu lembur 1 jam dengan durasi 255,52 hari didapat Rp..7.867.236.944,86, penambahan jam kerja (lembur) 2 jam dengan durasi 236,84 hari didapat biaya sebesar Rp.7.796.020.931,55, penambahan jam kerja (lembur) 3 jam dengan durasi 222,85 hari didapat biaya sebesar Rp.7.773.424.572,78.

Tabel 9 Hubungan percepatan waktu dengan biaya percepatan untuk lembur 1 sampai 3 jam

Kode	Durasi			Biaya				
	Normal	1 jam	2 jam	3 jam	Normal	1 jam	2 jam	3 jam
PDPB	7	6,29	5,77	5,38	22.218.480	22.848.747	23.953.400	26.803.568
UPPL1	7	6,29	5,77	5,38	16.327.450	16.427.293	16.602.088	17.052.853
LKPL1	7	6,29	5,77	5,38	22.535.003	22.783.035	23.217.483	24.338.096
UPFL1	7	6,29	5,77	5,38	182.300	183.703	186.217	192.181
LKFL1	7	6,29	5,77	5,38	251.557	254.761	257.198	273.729
BFL1	7	6,29	5,77	5,38	1.511.219	1.551.155	1.621.149	1.802.000
PPFL1	7	6,29	5,77	5,38	1.201.010	1.212.867	1.233.658	1.286.454
BDSW1	7	6,29	5,77	5,38	6.495.448	6.668.157	6.970.746	7.760.904
PUDSW1	7	6,29	5,77	5,38	3.673.075	3.707.136	3.766.655	3.920.169
PUT1	7	6,29	5,77	5,38	6.274.750	6.332.824	6.434.313	6.696.688
PPT1	7	6,29	5,77	5,38	5.265.750	5.317.527	5.407.896	5.641.797
K300K1	21	18,88	17,32	16,15	79.780.910	81.902.624	85.779.643	95.772.985
PUK2	21	18,88	17,32	16,15	46.135.375	46.561.016	47.306.911	49.230.906
PPK2	14	12,58	11,55	10,77	18.132.430	18.309.855	18.620.485	19.421.839
PUB2	21	18,88	17,32	16,15	137.028.400	138.291.886	140.505.904	146.217.959
PPB2	14	12,58	11,55	10,77	56.510.530	57.062.409	58.029.113	60.523.830
PPPL2	21	18,88	17,32	16,15	133.209.710	134.509.907	136.788.630	142.666.851
BT2	7	6,29	5,77	5,38	18.142.425	18.529.494	19.207.608	20.957.228
PUT2	7	6,29	5,77	5,38	6.274.750	6.332.824	6.434.313	6.696.688
PPT2	7	6,29	5,77	5,38	5.265.750	5.317.527	5.407.896	5.641.797
PPPL3	21	18,88	17,32	16,15	133.209.710	134.509.907	136.788.630	142.666.851
BT3	7	6,29	5,77	5,38	18.142.425	18.529.494	19.207.608	20.957.228
PUT3	7	6,29	5,77	5,38	6.274.750	6.332.824	6.434.313	6.696.688
PPT3	7	6,29	5,77	5,38	5.265.750	5.317.527	5.407.896	5.641.797

Efisiensi Waktu dan Biaya Proyek

Efisiensi waktu merupakan suatu perbandingan antara selisih durasi normal dan durasi kumulatif kegiatan dengan durasi normal dalam bentuk persen (%). Sedangkan untuk efisiensi biaya sendiri memiliki arti yang sama

dengan efisiensi waktu, akan tetapi efisiensi biaya merupakan perbandingan antara biaya total. Hasil efisiensi waktu dan biaya bisa dilihat pada tabel 10.

Tabel 10 Efisiensi waktu dan biaya

Lembur (jam)	Efisiensi waktu (%)	Efisiensi biaya (%)
1	6,55	1,03
2	11,35	1,74
3	14,95	2,10

Analisa Penambahan Tenaga Kerja

Setelah selesai melakukan perhitungan penambahan jam kerja (lembur) tahap selanjutnya yaitu menghitung kembali percepatan durasi dengan penambahan tenaga kerja tanpa harus menambah waktu lembur per hari.

Analisa Biaya

Analisa biaya didapatkan dari perbandingan koefisien dikalikan dengan volume dan durasi kemudian dikalikan dengan upah per tenaga kerja.

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

Berikut Upah = jumlah tenaga kerja x harga

ini tabel hasil perhitungan biaya penambahan tenaga kerja pada pekerjaan pembesian ulir balok lantai 2 (PUB2).

Tabel 11 Biaya Penambahan Tenaga Kerja

Durasi	Biaya (Rp.)
Normal	137.028.400,00
Lembur 1 jam	137.346.776,50
Lembur 2 jam	137.506.972,96
Lembur 3 jam	137.279.620,06

Cost Variance, Cost Slope dan Duration Variance

Tabel 12, 13, dan 14 adalah hasil dari *Cost Variance*, *Cost Slope* dan *Duration Variance* untuk pekerjaan pembesian ulir balok lantai 2 (PUB2).

Tabel 12 Hasil *cost variance*

Lembur (jam)	<i>Cost Variance</i> (Rp.)
1	318.376,50
2	478.572,96
3	251.220,06

Tabel 13 Hasil *cost slope*

Lembur (jam)	<i>Cost slope</i> (Rp.)
1	149.923,33
2	130.032,43
3	51.839,06

Tabel 14 Hasil *duration variance*

Lembur (jam)	<i>Duration variance</i> (hari)
1	2,12
2	3,68
3	4,85

Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung pada Penambahan Tenaga Kerja

Penentuan biaya langsung dan tidak langsung penambahan tenaga kerja sama seperti penentuan biaya langsung dan tidak langsung pada penambahan jam kerja (lembur). Hasil dari analisa biaya langsung dan tidak langsung bisa dilihat pada tabel 15.

Tabel 15 Biaya langsung dan biaya tidak langsung

Durasi (hari)	Biaya tidak langsung (Rp.)	Biaya langsung (Rp.)
281	1.323.509.670,62	6.654.267.320,38
255,52	1.203.484.082,47	6.658.345.764,39
236,84	1.115.492.815,17	6.658.462.032,67
222,85	1.049.605.123,40	6.657.965.671,05

Biaya total proyek ini pada waktu normal adalah Rp.7.977.776.991,00, untuk penambahan tenaga kerja yang setara dengan 1 jam dengan durasi 255,52 hari didapatkan Rp.7.861.829.846,87, kemudian penambahan tenaga kerja yang setara lembur 2 jam durasi dipercepat menjadi 236,84 hari dengan biaya optimasi sebesar Rp.7.773.954.847,84, penambahan tenaga kerja yang setara dengan lembur 3 jam dengan durasi 222,85 hari dengan biaya sebesar Rp.7.707.570.794,45. Dari hasil ini diketahui bahwa penambahan tenaga kerja yang setara dengan lembur 3 jam mendapatkan biaya termurah dan waktu paling cepat

Tabel 16 Hubungan percepatan waktu dengan biaya percepatan untuk penambahan tenaga kerja

Kode	Durasi				Biaya			
	Normal	1 jam	2 jam	3 jam	Normal	1 jam	2 jam	3 jam
PDPB	7	6,29	5,77	5,38	22.218.480	22.344.867	22.249.201	22.238.143

Tabel 16 Lanjutan

UPPL1	7	6,29	5,77	5,38	16.327.450	16.385.638	16.397.366	16.389.994
LKPL1	7	6,29	5,77	5,38	22.535.003	22.643.153	22.679.660	22.655.035
UPFL1	7	6,29	5,77	5,38	182.300	270.465	261.539	254.855
LKFL1	7	6,29	5,77	5,38	251.557	419.989	402.345	389.133
BFL1	7	6,29	5,77	5,38	1.511.219	1.610.445	1.587.585	1.613.276
PPFL1	7	6,29	5,77	5,38	1.201.010	1.323.420	1.375.132	1.351.662
BDSW1	7	6,29	5,77	5,38	6.495.448	6.574.282	6.622.102	6.615.641
PUDSW1	7	6,29	5,77	5,38	3.673.075	3.798.507	3.746.613	3.778.832
PUT1	7	6,29	5,77	5,38	6.274.750	6.375.744	6.428.079	6.359.844
PPT1	7	6,29	5,77	5,38	5.265.750	5.377.710	5.305.266	5.322.097
K300K1	21	18,88	17,32	16,15	79.780.910	80.381.288	80.544.364	80.413.668
PUK2	21	18,88	17,32	16,15	46.135.375	46.520.078	46.424.957	46.407.038
PPK2	14	12,58	11,55	10,77	18.132.430	18.377.474	18.292.835	18.247.227
PUB2	21	18,88	17,32	16,15	137.028.400	137.346.777	137.506.973	137.279.620
PPB2	14	12,58	11,55	10,77	56.510.530	56.662.612	56.584.771	56.700.945
PPPL2	21	18,88	17,32	16,15	133.209.710	133.480.307	133.599.403	133.496.352
BT2	7	6,29	5,77	5,38	18.142.425	18.253.717	18.214.692	18.316.856
PUT2	7	6,29	5,77	5,38	6.274.750	6.375.744	6.428.079	6.359.844
PPT2	7	6,29	5,77	5,38	5.265.750	5.377.710	5.305.266	5.322.097
PPPL3	21	18,88	17,32	16,15	133.209.710	133.480.307	133.599.403	133.496.352
BT3	7	6,29	5,77	5,38	18.142.425	18.253.717	18.214.692	18.316.856
PUT3	7	6,29	5,77	5,38	6.274.750	6.375.744	6.428.079	6.359.844
PPT3	7	6,29	5,77	5,38	5.265.750	5.377.710	5.305.266	5.322.097

Efisiensi Waktu dan Biaya Proyek

Efisiensi waktu merupakan suatu perbandingan antara selisih durasi normal dan durasi kumulatif kegiatan dengan durasi normal dalam bentuk persen (%). Sedangkan untuk efisiensi biaya sendiri memiliki arti yang sama dengan efisiensi waktu, akan tetapi efisiensi biaya merupakan perbandingan antara biaya total. Hasil analisa efisiensi pekerjaan pembesian ulir balok lantai 2 (PUB2) dapat dilihat pada tabel 17.

Tabel 17 Efisiensi waktu dan biaya

Lembur (jam)	Efisiensi waktu (%)	Efisiensi biaya (%)
1	4,53	0,73
2	13,97	2,28
3	6,32	1,04

Perbandingan Biaya Total Penambahan Jam Kerja (lembur) dan Penambahan Tenaga Kerja

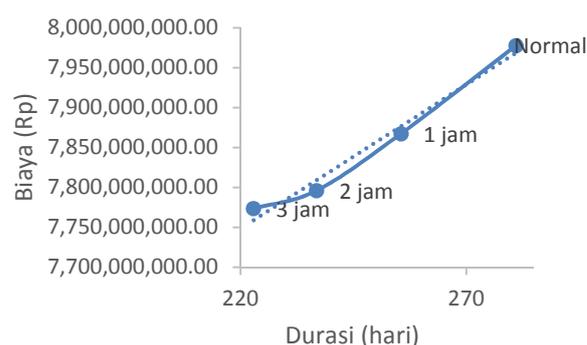
Tabel 18 Biaya langsung dan biaya tidak langsung

Durasi (hari)	Biaya	
	penambahan jam kerja (lembur)(Rp.)	Biaya penambahan jam kerja(Rp.)
281	7.977.776.991,00	7.977.776.991,00

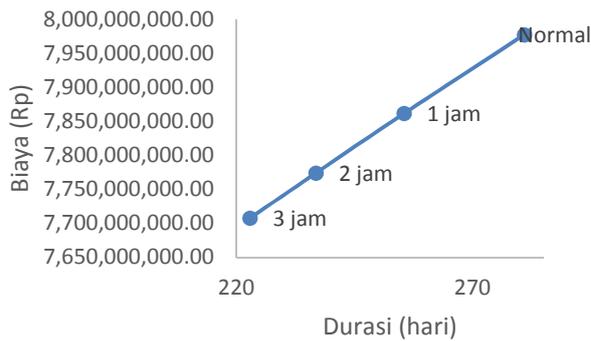
Tabel 18 Lanjutan

255,52	7.867.236.944,86	7.861.829.846,87
236,84	7.796.020.931,55	7.773.954.847,84
222,85	7.773.424.572,78	7.707.570.794,45

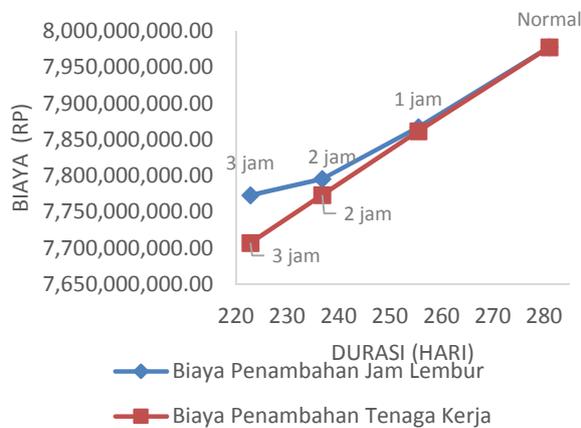
Jika ditampilkan dalam bentuk grafik maka perbandingan antara waktu dan biaya total penambahan jam kerja (lembur) dengan penambahan tenaga kerja menjadi seperti di grafik.



Gambar 4 Grafik perbandingan biaya normal dengan biaya penambahan jam (lembur)



Gambar 5 Grafik perbandingan biaya normal dengan biaya penambahan tenaga kerja



Gambar 6 Grafik perbandingan biaya jam kerja (lembur) dengan biaya penambahan tenaga kerja

Denda

Suatu proyek dikenakan biaya denda apabila proyek tersebut mengalami keterlambatan dalam penyelesaian. Ketentuan denda pada proyek adalah 0,1% dari biaya total setiap 1 hari keterlambatan. Persamaan denda dapat dihitung sebagai berikut.

Total denda

$$= 1 \times \frac{1}{1000} \times \text{biaya total proyek}$$

Total denda

$$= 1 \times \frac{1}{1000} \times \text{Rp. 7.977.991,00}$$

$$= \text{Rp. 7.977.776,99 / hari}$$

Apabila denda dibandingkan dengan penambahan biaya yang dihasilkan penambahan jam (lembur) dan tenaga kerja maka biaya denda tidak lebih murah dari biaya penambahan jam kerja (lembur) maupun

penambahan tenaga kerja. Sehingga pemilihan dengan cara menambah jam kerja atau menambah tenaga kerja adalah cara yang efektif.

5. Kesimpulan

Berdasarkan data hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada proyek pembangunan gedung kantor Cabang Pelayanan Dinas Pendapatan (CPDP) Kabupaten Karawang, Jawa Barat, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Waktu dan biaya proyek dengan penambahan jam kerja lembur pada kondisi normal sebesar 281 hari dengan biaya Rp.7.977.766.991,00. Kondisi lembur 1 jam mengakibatkan durasi percepatan menjadi 255,52 hari dengan biaya Rp.7.867.236.944,86, lembur 2 jam mengakibatkan durasi percepatan menjadi 236,84 hari dengan biaya Rp.7.796.020.931,55 dan lembur 3 jam mengakibatkan durasi percepatan menjadi 222,85 hari dengan biaya Rp.7.773.424.572,78.
2. Waktu dan biaya proyek dengan penambahan tenaga kerja pada kondisi normal sebesar 281 hari dengan biaya Rp.7.977.766.991,00. Kemudian setelah dilakukan penambahan tenaga kerja yang setara dengan lembur 1 jam durasi percepatan menjadi 255,52 hari dengan biaya Rp.7.861.829.846,87, lembur 2 jam mengakibatkan durasi percepatan menjadi 236,84 hari dengan biaya Rp.7.773.954.847,84 dan lembur 3 jam mengakibatkan durasi percepatan menjadi 222,85 hari dengan biaya Rp.7.707.570.794,45.
3. Berdasarkan penambahan jam lembur, hasil yang paling efektif adalah penambahan lembur 3 jam dengan selisih biaya Rp.204.352.418,22 dan selisih durasi 58,15 hari. Sedangkan untuk penambahan tenaga kerja, hasil yang paling efektif adalah penambahan tenaga kerja yang setara dengan lembur 3 jam dengan selisih biaya Rp.270.206.195,55 dan selisih durasi 58,15 hari.
4. Jika dibandingkan waktu dan biaya dari penambahan jam lembur dan

penambahan tenaga kerja maka dapat disimpulkan penambahan tenaga kerja lebih efektif daripada penambahan jam lembur karena biaya yang dikeluarkan lebih efisien dan murah dengan durasi percepatan yang sama.

5. Biaya yang dikeluarkan untuk percepatan durasi proyek dan penambahan tenaga kerja lebih sedikit dibandingkan dengan biaya denda yang dikeluarkan akibat keterlambatan proyek.

6. Daftar Pustaka

- Arvianto, R., Handayani., F.S., dan Setiono, 2017. *Optimasi Biaya dan Waktu dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) (Studi Kasus : Proyek Bangunan Rawat Inap Kelas III dan Parkir RSUD Dr.Moewardi Surakarta)* Jurnal Matriks Teknik Sipil, 69-74.
- Chusairi, M., dan Suryanto, M., 2015. *Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan Gedung Baru Type B SMPN Baru Siwalankerto.* Jurnal Rekayasa Teknik Sipil, 2 (1), 09-15.
- Laksana, A.W., Prasetyo, H.S., dan Wibowo, M.A., 2014. *Optimalisasi Waktu dan Biaya Proyek dengan Analisa Crash Program.* Jurnal Karya Teknik Sipil, 3 (3), 743-759
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004. Tentang Waktu Lembur dan Upah Kerja Lembur.
- Maddepungeng, A., Suryani, I., dan Hermawan, D., 2015. *Analisis Optimasi Biaya dan Waktu dengan Metode TCTO (Time Cost Trade Off) (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Pasar Petir Serang Banten).* Jurnal Fondasi, 4 (1), 20-27.
- Muhammad, A.A., dan Indriyani, R., 2015. *Analisa Time Cost Trade Off pada Proyek Pasar Sentral Gadang Malang.* Jurnal Teknik, 4 (1), 2301-9271.
- Pawiro, D.A., Suharyanto, dan Atmojo, P.S., 2014. *Optimasi 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 Sumanto, A., 2016. *Analisis Percepatan Waktu dan Biaya Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) menggunakan Metode Time Cost Trade Off Pembangunan Pengendali Banjir.* Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, 19 (1), 1-15.
- Soeharto, I., 1999. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional, Jilid I,* Erlangga, Jakarta.
- Syatuti, 2015. *Optimalisasi Waktu dan Biaya dengan Linear Scheduling Method pada Proyek Pembangunan Gedung Arsip Dinas Pekerjaan Umum Kalimantan Tengah di Palangkaraya.* Jurnal Teknik Sipil, 8 (1), 9-24.
- Wowor, F.N., Sompie, B.F., Walagitan, D.R.O., dan Malingkas, G.Y., 2013. *Aplikasi Microsoft Project dalam Pengendalian Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Proyek.* Jurnal Sipil Statik, 1 (8), 543-548