

Studi Optimasi Biaya dan Waktu Menggunakan Metode *Time Cost Trade Off* pada Proyek Pembangunan Hotel Whiz Prime Lampung

Study of Cost and Time Optimization Method Using Time Cost Trade Off on Hotel Development Whiz Prime, Lampung

Yanuar Agung Setiobudi, Mandiyo Priyo

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Optimasi biaya dan waktu sangat penting bagi kegiatan konstruksi. Hal ini digunakan sebagai perencanaan untuk mendapatkan biaya dan waktu yang terbaik sehingga proyek mendapatkan keuntungan yang optimal. Untuk mencapai keuntungan tersebut maka dilakukan langkah-langkah untuk mencapai optimasi biaya dan waktu seperti pembuatan jaringan kerja proyek, mencari lintasan kritis, menghitung durasi proyek dan mengetahui jumlah sumber daya. Ada beberapa cara mencapai optimasi biaya pada kegiatan proyek, seperti penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja dan penambahan alat berat (bagi proyek yang menggunakan alat berat). Dari masing-masing alternatif tersebut akan mendapatkan hasil berupa percepatan durasi yang sama akan tetapi biaya yang dihasilkan akan berbeda. Pada penelitian proyek pembangunan berupa gedung menggunakan metode *time cost trade off* dengan dua alternatif perhitungan yaitu dengan penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja. Penambahan jam kerja (lembur) dilakukan sesuai dengan peraturan karena pengaruh produktivitas pekerja yang setiap jam akan mengalami penurunan sehingga waktu maksimal lembur yang digunakan adalah 3 jam dengan produktivitas pekerja berada pada nilai 70% selain itu perhitungan dilakukan dengan bantuan program *Microsoft Project 2010* sedangkan penambahan tenaga kerja dilakukan dengan cara mengganti jam lembur dengan tenaga kerja sehingga tidak akan terjadi lembur. Dari analisis yang dilakukan hasil paling optimal didapatkan dengan penambahan tenaga kerja setara dengan 3 jam lembur yaitu Rp.5.206.529.376,10 dari biaya normal Rp.5.488.191.102,00 dengan durasi percepatan menjadi 196,58 hari dari durasi normal 273 hari.

Kata-kata kunci : biaya, waktu, penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja, microsoft project 2010, time cost trade off.

Abstract. The optimization of costs and time is very important to construction activities. It is used as a planning to get the best cost and time so that the optimal benefit of the project. To achieve the advantage then do steps to reach cost and time optimization such as making network project, find the critical path, calculate the duration of the project and know the amount of resources. There are several ways of achieving cost optimization in project activities, such as the addition of working hours (overtime), the addition of labor and the addition of heavy equipment (for projects that use heavy equipment). From each of these alternatives will get the results in the form of an acceleration of the same duration but the resulting costs will be different. On the research of development projects in the form of building method using time-cost trade off with two alternative calculation with addition of working hours (overtime) and additions to the labor. The addition of working hours (overtime) will be conducted in accordance with the regulations due to the influence the productivity of a worker per hour will decrease until the time of maximum overtime is 3 hours with worker productivity is at a value of 70% in addition to the that calculation is done with the help of *Microsoft Project 2010* program while the addition of the labor is done by changing the overtime hours with labor so that it will not occur overtime. From the analysis conducted most optimal results are obtained with the addition of a workforce equivalent to 3 hours of overtime that is Rp.5.206.529.376,10 of the normal cost of Rp. RP.5.488.191.102,00 with a duration of the acceleration becomes 196,58 days from a normal duration is 273 days.

Key words: cost, time, the addition of working hours (overtime), the addition of labor, microsoft project 2010, time cost trade off.

1. Pendahuluan

Biaya dan waktu merupakan faktor yang memengaruhi keberhasilan dan kegagalan sebuah proyek. Hal tersebut menjadi parameter keberhasilan suatu proyek

yang dilihat dari waktu penyelesaian serta biaya minimal akan tetapi memiliki mutu terjamin sesuai dengan perencanaan. Waktu pelaksanaan proyek yang dikelola secara teratur sesuai dengan rencana atau bahkan lebih cepat sehingga memberikan keuntungan dari segi biaya yang dikeluarkan. Serta, dengan memerhatikan waktu pelaksanaan maka secara langsung menghindari dari adanya biaya denda (*fine*) akibat keterlambatan penyelesaian proyek.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan menyatakan bahwa biaya proyek setelah dilakukan percepatan menjadi lebih kecil dan menguntungkan bagi para kontraktor. Pada proyek pembangunan pengendali banjir memiliki rencana durasi proyek normal 196 hari dengan biaya Rp.16.371.654.833,56 dan setelah dilakukan perhitungan percepatan pada kegiatan-kegiatan kritis didapatkan hasil optimal untuk hari kerja menjadi 139 hari yang artinya mengalami percepatan sebanyak 57 hari dengan biaya lebih kecil yaitu Rp.16.133.558.292,57 (selisih Rp.238.096.540,99) dan keuntungan lain yang didapat dengan melakukan percepatan adalah biaya percepatan lebih murah dibandingkan dengan denda yang didapat akibat keterlambatan (Sumanto dan Priyo, 2016). Penelitian serupa pada proyek gedung dan bangunan sejenisnya yang dilakukan oleh Chusairi dan Suryanto (2015), Muhammad dan Indriyani (2015), Pawiro dkk. (2014), Maddepungeng dkk. (2015), Yoni dkk. (2013) serta Priyo dan Aulia (2015) menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Sumanto dan Priyo (2016) yang menunjukkan hasil optimal setelah dilakukan penelitian adalah percepatan durasi dengan biaya lebih murah. Tidak jauh berbeda dengan penelitian sebelumnya penelitian yang dilakukan oleh Stefanus dkk. (2017) dengan dua metode yang sedikit berbeda dibandingkan antara hasil yang menunjukkan bahwa kedua metode sama-sama mengalami percepatan durasi yang sama akan tetapi biaya yang berbeda, kedua metode tersebut adalah metode *fast track* dan *crash program*

yang masing-masing mendapatkan hasil durasi percepatan 233 hari dengan biaya menggunakan metode *fast track* Rp.26.376.440.619 dan *crash program* Rp.26.504.146.817 akan tetapi Stefanus dkk. (2017) menyatakan bahwa metode *fast track* akan sangat rawan terhadap perubahan jadwal yang akan memengaruhi jadwal yang lainnya (kegiatan kritis).

Begitu pula penelitian lainnya yang mendapatkan hasil biaya optimum Rp.4.425.169.249,01 mengalami percepatan selama 10 minggu dari 32 minggu dengan metode yang berbeda yaitu *Critical Path Method* (CPM) dan *Precedence Diagram Method* (PDM) mendapat nilai efisiensi biaya sebesar 15,88% dan metode *crashing* mendapatkan nilai efisiensi biaya sebesar 9,99% (Pamungkas dan Hidayat, 2011), Analisis dengan metode lain yang hampir sama dengan *time cost trade off* juga dilakukan oleh Syayuti (2015) dengan hasil durasi percepatan 145 hari dengan biaya optimal Rp.3.875.599.821,36. Dari semua metode tersebut dapat dipastikan bahwa tujuan analisis pengaturan jadwal dengan percepatan ini adalah hasil optimal dengan durasi yang pendek dan biaya murah.

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

2. Landasan Teori

Manajemen Proyek

Soeharto (1997) menyatakan bahwa manajemen proyek konstruksi adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumberdaya untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan.

Menurut Soeharto (1997) tujuan dari proses manajemen proyek adalah sebagai berikut:

- Agar semua rangkaian kegiatan tersebut tepat pada waktu, dalam hal ini tidak terjadi keterlambatan penyelesaian proyek.
- Biaya yang sesuai, maksudnya agar tidak ada biaya tambahan lagi di luar dari perencanaan biaya yang telah direncanakan.
- Kualitas sesuai dengan persyaratan.
- Proses kegiatan sesuai persyaratan.

Network Planning

Network planning merupakan gambaran yang dibuat secara kronologi dari sebuah kejadian-kejadian dan kegiatan yang akan terjadi secara logis dan berhubungan antara sebuah kejadian atau kegiatan dengan yang lainnya. Dengan adanya *network planning* menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya paling efisien dapat dilakukan manajemen. Semua aktivitas tersebut diusahakan untuk dapat selesai dengan cepat sesuai dengan yang diharapkan serta terintegrasi dengan aktivitas yang lainnya.

Biaya Total

Biaya total proyek adalah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung. Keduanya berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Meskipun tidak dapat diperhitungkan dengan rumus tertentu, tetapi pada umumnya makin lama proyek berjalan maka makin tinggi kumulatif biaya tidak langsung yang diperlukan. Sedangkan biaya optimal didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkendali.

Soemardi dan Kusumawardani (2010) menentukan biaya tidak langsung berdasarkan hasil dari studi praktik estimasi biaya tidak langsung pada proyek konstruksi berdasarkan persamaan sebagai berikut.

$$y = -0,95 - 4,888 (\ln(x_1 - 0,21) - \ln(x_2)) + \varepsilon \quad (1)$$

Keterangan :

- x_1 = nilai total proyek
 x_2 = durasi proyek

ε = *random error*

y = persentase biaya tidak langsung

Metode Pertukaran Waktu dan Biaya (Time Cost Trade Off)

Dalam suatu proyek sering terjadi kondisi dimana proyek harus diselesaikan lebih cepat dibandingkan waktu normalnya. Hal ini menyebabkan proyek harus dapat selesai dalam waktu yang dipercepat 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*.

Analisa *time cost trade off* merupakan analisa yang mengubah waktu serta biaya dari proyek itu sendiri. Apabila waktu pelaksanaan dipercepat maka biaya langsung proyek akan bertambah dan biaya tidak langsung proyek akan berkurang.

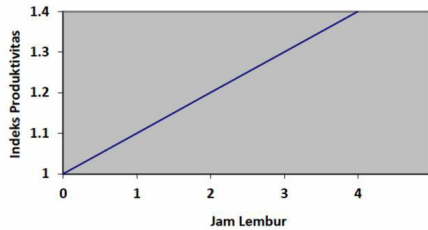
Produktivitas Pekerja

Produktivitas yaitu rasio antara *output* dan *input*, atau dapat dikatakan sebagai rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Rasio dari produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi yang dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, biaya material, metode dan alat. Suatu proyek konstruksi dikatakan berhasil salah satunya tergantung pada efektivitas pengelolaan sumber daya. Sumber daya yang dimaksudkan adalah salah satunya pekerja merupakan hal yang sulit dikelola. Upah yang diberikan sangat tergantung pada kecakapan masing-masing pekerja karena setiap pekerja memiliki karakter masing-masing yang berbeda-beda satu sama lain.

Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Penambahan jam kerja (lembur) bisa dilakukan dengan melakukan penambahan 1 – 3 jam sesuai dengan waktu penambahan yang diinginkan. Penambahan jam lembur dapat menimbulkan penurunan produktivitas. Semakin besar penambahan jam kerja

(lembur) maka nilai indeks produktivitas akan semakin bertambah dan prestasi kerja semakin 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,1997)

Dari penjelasan di atas dapat ditulis persamaan sebagai berikut.

- a. Produktivitas harian

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} \quad (2)$$
- b. Produktivitas tiap jam

$$= \frac{\text{Produktivitas Harian}}{\text{Jam Kerja Per Hari}} \quad (3)$$
- c. Produktivitas harian sesudah *crash*

$$= (c \times d) + (a \times b \times d) \quad (4)$$

Keterangan :

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

Pada tabel berikut adalah nilai koefisien penurunan produktivitas

Tabel 1 Koefisien penurunan produktivitas *crash duration*

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

d. *Crash Duration*

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas Harian Sesudah Crash}} \quad (5)$$

Penambahan Tenaga Kerja

Pada tahap ini penambahan tenaga kerja harus diperhatikan agar tidak mengganggu pekerjaan lain. Perhitungan untuk penambahan tenaga kerja dapat dilakukan seperti berikut.

- a. Jumlah tenaga kerja normal (6)

$$= (\text{koefisien tenaga kerja} \times \text{volume}) \times \text{Durasi normal}$$
- b. Jumlah tenaga kerja percepatan (7)

$$= (\text{koefisien tenaga kerja} \times \text{volume}) \times \text{Durasi percepatan}$$

Biaya Tambahan Pekerja (*Crash Cosh*)

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 pasal diperhitungkan bahwa upah penambahan kerja bervariasi. Pada penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah per jam waktu normal dan pada penambahan jam kerja berikutnya maka pekerja akan mendapatkan 2 kali upah per jam waktu normal. Perhitungan untuk biaya tambahan pekerja dapat dirumuskan sebagai berikut ini.

- a. Biaya normal per hari

$$= \text{Produktivitas harian} \times \text{Harga satuan upah pekerja} \quad (7)$$
- b. Biaya normal per jam

$$= \text{Produktivitas per jam} \times \text{Harga satuan upah pekerja} \quad (8)$$
- c. Biaya lembur pekerja

$$= 1,5 \times \text{upah sejam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) pertama} + 2 \times n \times \text{upah sejam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) berikutnya} \quad (9)$$

Keterangan : n = jumlah penambahan jam kerja (lembur)

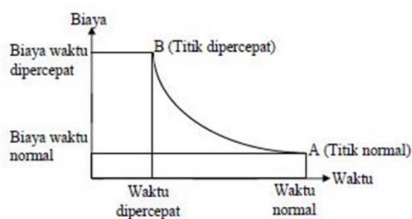
- d. *Crash cost* pekerja per hari

$$= (\text{jam kerja per hari} \times \text{biaya normal pekerja}) + (n \times \text{biaya lembur per jam}) \quad (10)$$
- e. *Cost slope*

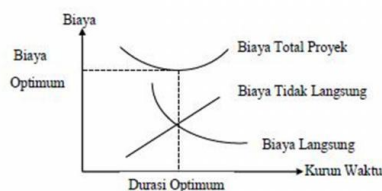
$$= (\text{crash cost} - \text{biaya normal}) / (\text{durasi normal} - \text{durasi crash}) \quad (11)$$

Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Biaya total proyek sama dengan penjumlahan dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya total proyek sangat bergantung dari penyelesaian proyek. Hubungan antara biaya dengan waktu dapat dilihat pada gambar 2.2. Titik A pada gambar menunjukkan kondisi normal, sedangkan titik B menunjukkan kondisi dipercepat. Garis yang menghubungkan antar titik tersebut disebut dengan kurva waktu biaya. Gambar 2.2 menunjukkan bahwa semakin besar penambahan jam kerja (lembur) maka akan semakin cepat waktu penyelesaian proyek, akan tetapi sebagai konsekuensinya maka terjadi biaya tambahan yang harus dikeluarkan semakin besar. Gambar 2.3 memperlihatkan hubungan biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total dalam grafik dan terlihat bahwa biaya optimum didapat dengan hasil biaya proyek terkecil.



Gambar 2 Hubungan waktu dan biaya pada kondisi normal dan dipercepat untuk suatu kegiatan. (Soeharto, 1997)



Gambar 3 Hubungan waktu dengan biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total. (Soeharto, 1997)

Biaya Denda

Keterlambatan penyelesaian proyek akan menyebabkan kontraktor terkena hukuman berupa denda yang telah disepakati dalam dokumen kontrak. Besarnya biaya denda dapat dihitung dengan persamaan

berikut dengan catatan denda per hari akibat keterlambatan sebesar 1 % dari nilai kontrak.

$$\text{Total denda} = \text{total waktu akibat keterlambatan} \times \text{denda per hari akibat keterlambatan} \quad (12)$$

Microsoft Project

Dalam penelitian Wowor (2013) menyatakan bahwa *Microsoft Project* adalah 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 Hotel Whiz Prime yang berlokasi di Jalan Jenderal Ahmad Yani No.21, Enggal, Engal, Kota Bandar Lampung, Lampung.

Tahap dan Prosedur Penelitian

Sistematika dalam sebuah penelitian harus diperhatikan agar diperoleh hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

Tahap ke-1 : Persiapan

Sebelum melakukan penelitian lebih lanjut maka perlu dilakukan pendalaman terlebih dahulu mengenai topik penelitian. Selain pendalaman topik perlu juga untuk melakukan persiapan terhadap data-data yang nantinya diperlukan dalam mendukung kelancaran penelitian.

Tahap ke-2 : Pengumpulan Data

Setelah melakukan persiapan. Kemudian melakukan pengumpulan data-data yang diperlukan untuk penelitian. Data yang diperlukan untuk penelitian adalah sebagai berikut:

a. Variabel Waktu

Pada variabel waktu, data-data yang dibutuhkan adalah :

Data kurva-S (*time schedule*), seperti : Kegiatan pekerjaan, durasi kegiatan

b. Variabel Biaya

Pada variabel biaya, data-data yang dibutuhkan adalah :

Rencana anggaran biaya (RAB), seperti : Detail biaya pekerjaan, daftar harga bahan dan upah, analisa harga satuan pekerjaan.

Tahap ke-3 : Analisis dan Pembahasan

Analisis dilakukan menggunakan program *microsoft project* 2010 dengan cara input data-data perencanaan. Kemudian dilakukan analisa lebih lanjut yang difokuskan kepada kegiatan-kegiatan kritis yang nantinya kan dilakukan analisis percepatan sehingga mendapat hasil berupa waktu dan biaya yang optimal. Setelah semua hasil didapat maka dapat dibandingkan dari analisis sebelum percepatan dan setelah dilakukan percepatan.

Tahap ke-4 : Kesimpulan

Pada tahap terakhir adalah kesimpulan yang merupakan keputusan dari analisis yang telah dilakukan sebelumnya untuk menentukan hasil yang paling optimal dari penelitian yang telah dilakukan sesuai dengan tujuan.

4. Hasil dan Pembahasan

Data Umum Proyek

Proyek Hotel Whiz Prime yang terletak di Bandar Lampung, Lampung ini mempunyai detail data, seperti pemilik proyek adalah X dengan konsultan supervisi dan kontraktor berturut-turut adalah PT. Y dan PT. Z. Anggaran pada proyek ini sebesar Rp.5.488.191.102,00, durasi yang direncanakan adalah 273 hari.

Daftar kegiatan kritis

Kegiatan kritis ini didapat dari analisa menggunakan program *microsoft project* 2010.

Tabel 2 Daftar kegiatan kritis kondisi normal

Kode	Nama Pekerjaan	Durasi (hari)
PPL	Pek. Pembersihan lahan	14
PGT1	Pek. Galian tanah	21
PBKTP	Pek. Bobok kepala tiang pancang	14
BTPC	Beton pile cap	21
PPC	Pembesian pile cap	28
BKPC	Bekisting pile cap	7

BTS	Beton sloof	14
PS	Pembesian sloof	21
BKS	Bekisting sloof	7
BTKB	Beton kolom basement	7
PKB	Pembesian kolom basement	7
BKKB	Bekisting kolom basement	7
BTKD	Beton kolom dasar	7
PKD	Pembesian kolom dasar	14
BTSWD	Beton shear wall dasar	7
PSWD	Pembesian shear wall dasar	7
BTSWL2	Beton shear wall lantai 2	7
PSWL2	Pembesian shear wall lantai 2	7
BTSWL3	Beton shear wall lantai 3	7
PSWL3	Pembesian shear wall lantai 3	7
BTSWL5	Beton shear wall lantai 5	7
PSWL5	Pembesian shear wall lantai 5	7
BTSWL6	Beton shear wall lantai 6	7
PSWL6	Pembesian shear wall lantai 6	7
BTSWL7	Beton shear wall lantai 7	7
PSWL7	Pembesian shear wall lantai 7	7
BTPL7	Beton plat lantai 7	7
PPL7	Pembesian plat lantai 7	14
BKPL7	Bekisting plat lantai 7	7
BTBL7	Beton balok lantai 7	7
PBL7	Pembesian balok lantai 7	14
BKBL7	Bekisting balok lantai 7	7

Analisis penambahan jam kerja (lembur)

Penambahan jam kerja (lembur) yang dianjurkan menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi nomor KEP.102/MEN/VI/2004 adalah maksimal 3 jam. Hal ini dipengaruhi oleh penurunan produktivitas setiap jam. Setelah itu langkah awal analisis pada penambahan jam kerja (lembur) adalah menentukan biaya lembur pada setiap tenaga kerja. Berikut perhitungan biaya yang dibutuhkan.

<i>Resource name</i>	= Pekerja
Biaya normal	=Rp.70.000,00
Jam kerja normal per hari	= 8 jam/hari
Biaya normal per jam	= $\frac{\text{Rp.70.000,00}}{8 \text{ jam/hari}}$
	=Rp.8.750,00

Kemudian untuk biaya lembur setiap jamnya dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$1 \text{ jam} = 1,5 \times \text{biaya normal per jam}$$

$$2 \text{ jam} = (1,5 \times \text{biaya normal per jam}) + (2 \times (1 \times \text{biaya normal per jam}))$$

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

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

Tabel 3 Biaya lembur pekerja

Lembur (jam)	Biaya per jam (Rp)	Biaya total (Rp)
1	13.125,00	13.125,00
2	15.313,00	30.625,00
3	21.875,00	65.625,00

Percepatan waktu (*Crashing*)

Langkah selanjutnya adalah melakukan hitungan percepatan durasi (*crashing*) secara manual terlebih dahulu sebelum ke program *Microsoft Project 2010*. Selain melakukan perhitungan percepatan durasi perhitungan manual juga menentukan kebutuhan waktu tenaga kerja. Dalam perhitungan percepatan terdapat faktor yang memengaruhi yaitu penurunan produktivitas tenaga kerja setiap jamnya, produktivitas untuk 1 jam lembur mengalami penurunan menjadi 90%, 2 jam menjadi 80% dan 3 jam menjadi 70%. Perhitungan percepatan dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\frac{\text{volume}}{(\sum pp \times pn \times \text{jam ovt.}) + (pn \times \text{jam std.})}$$

Keterangan :

pp = Penurunan produktivitas kerja

pn = produktivitas normal per jam

jam ovt. = jam lembur

jam std. = jam kerja normal

Diambil contoh salah satu kegiatan yaitu pembesian kolom *bekisting* yang akan dihitung durasi percepatannya. Hasilnya dilihat pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 4 Durasi sebelum dan sesudah dilakukan percepatan

Durasi (hari)	
Normal	7
Lembur 1 jam	6,29
Lembur 2 jam	5,77
Lembur 3 jam	5,38

Biaya lembur

Perhitungan biaya normal maupun biaya lembur memiliki persamaan yang sama yaitu jumlah tenaga kerja dikali dengan harga normal/lembur. Berikut adalah hasil dari analisa perhitungan pekerjaan pembesian kolom *basement*.

Tabel 5 Biaya sebelum dan sesudah lembur

Durasi	Biaya (Rp)
Normal	20.675.427,05
Lembur 1 jam	20.918.989,67
Lembur 2 jam	21.345.852,00
Lembur 3 jam	22.447.110,95

Cost variance

Cost variance merupakan selisih antara biaya setelah percepatan dan biaya normal suatu proyek. Pada tabel 6 merupakan hasil dari perhitungan *cost variance* pada pekerjaan pembesian kolom *basement*.

Tabel 6 Hasil *cost variance*

Lembur (jam)	Cost variance (Rp)
1	239.555,00
2	592.941,00
3	1.479.216,00

Cost slope

Cost slope merupakan perbandingan antara selisih durasi normal dengan durasi percepatan. Pada tabel 7 merupakan hasil dari perhitungan *cost slope* pada pekerjaan pembesian kolom *basement*.

Tabel 7 Hasil *cost slope*

Lembur (jam)	Cost slope (Rp)
1	337.401,00
2	482.066,00
3	913.096,00

Duration variance

Duration variance adalah selisih antara durasi normal dan durasi percepatan. Pada

tabel 8 merupakan hasil dari perhitungan *duration variance* pada pekerjaan pembesian kolom *basement*.

Tabel 8 Hasil *duration variance*

Lembur (jam)	<i>Duration variance</i> (hari)
1	0,71
2	1,23
3	1,62

Biaya langsung dan biaya tidak langsung penambahan jam kerja (lembur)

Penentuan biaya langsung didapat dari selisih biaya total dengan biaya tidak langsung. Sedangkan untuk mencari biaya tidak langsung didapat dari hasil persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan :

y = biaya tidak langsung

x₁ = nilai proyek

x₂ = durasi pelaksanaan proyek

ε = *random error*

$$y = -0,95 - (4,888(\ln(5.488.191.102 - 0,21) - \ln(273))) + \varepsilon$$

$$= 0,1833 = 18,3\%$$

Pada tabel 9 ditampilkan hasil dari analisa biaya tidak langsung dan biaya langsung pada proyek ini.

Tabel 9 Biaya tidak langsung dan biaya langsung

Durasi (hari)	Biaya tidak langsung (Rp)	Biaya langsung (Rp)
273	1.006.397.167	4.481.793.934
239,67	883.528.238	4.516.595.516
215,29	793.652.916	4.568.542.580
196,58	724.679.689	4.694.494.066

Biaya total dari proyek ini pada waktu normal adalah Rp.5.488.191.102,00, untuk waktu lembur 1 jam dengan durasi 239,67

hari didapat Rp.5.400.123.754 kemudian pada saat penambahan jam kerja (lembur) 2 jam durasi dipercepat menjadi 215,29 hari dan biaya optimasinya adalah Rp.5.362.195.496 serta lembur 3 jam durasi pekerjaan menjadi 196,58 mendapatkan biaya sebesar Rp.5.419.173.755. hasil tersebut menunjukkan bahwa lembur 2 jam mendapat biaya proyek termurah walaupun waktunya lebih lama tetapi memiliki koefisien yang besar.

Efisiensi waktu dan biaya proyek

Efisiensi waktu adalah perbandingan antara selisih durasi normal dengan durasi kumulatif kegiatan dan durasi normal dalam bentuk persen (%), sedangkan efisiensi biaya memiliki maksud yang sama dengan efisiensi waktu akan tetapi merupakan perbandingan antara biaya total. Dari pengertian tersebut dapat ditampilkan hasil efisiensi pada pekerjaan pembesian kolom *basement* pada tabel 10 berikut.

Tabel 10 Efisiensi waktu dan biaya

Lembur (jam)	Efisiensi waktu (%)	Efisiensi biaya (%)
1	0,52	0,09
2	0,90	0,15
3	1,19	0,17

Analisa penambahan tenaga kerja

Setelah melakukan perhitungan dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selanjutnya hitung kembali percepatan durasi dengan penambahan tenaga kerja tanpa harus menambah waktu lembur per hari.

Analisa biaya

Analisa biaya didapat dari perbandingan koefisien dikali dengan volume dan durasi kemudian dikali dengan upah per tenaga kerja.

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

$$\text{Upah} = \text{jumlah tenaga kerja} \times \text{harga upah}$$

Berikut hasil perhitungan biaya penambahan tenaga kerja pada pekerjaan pembesian kolom *basement*.

Tabel 11 Biaya penambahan tenaga kerja

Durasi	Biaya (Rp)
Normal	20.675.573,00
Lembur 1 jam	20.675.929,00
Lembur 2 jam	20.677.286,00
Lembur 3 jam	20.675.661,00

Cost variance, cost slope dan duration variance

Pada tabel 12, 13, dan 14 akan ditampilkan hasil *cost variance, cost slope* dan *duration variance* untuk pekerjaan pembesian kolom *bekisting*.

Tabel 12 Hasil *cost variance*

Lembur (jam)	<i>Cost variance</i> (Rp)
1	356,00
2	1.713,00
3	88,00

Tabel 13 Hasil *cost slope*

Lembur (jam)	<i>Cost slope</i> (Rp)
1	502,00
2	1.393,00
3	54,00

Tabel 14 Hasil *duration variance*

Lembur (jam)	<i>Duration variance</i> (hari)
1	0,71
2	1,23
3	1,62

Biaya langsung dan biaya tidak langsung penambahan tenaga kerja

Penentuan biaya langsung dan biaya tidak langsung penambahan tenaga kerja sama halnya dengan penentuan biaya pada penambahan jam kerja (lembur).

Pada tabel 15 ditampilkan hasil dari analisa biaya tidak langsung dan biaya langsung pada proyek ini.

Tabel 15 Biaya tidak langsung dan biaya langsung

Durasi (hari)	Biaya tidak langsung (Rp)	Biaya langsung (Rp)
273	1.006.397.167	4.481.793.934
239,67	883.528.238	4.481.856.537
215,29	793.652.916	4.481.848.918
196,58	724.679.689	4.481.849.687

Biaya total dari proyek ini pada waktu normal adalah Rp.5.488.191.102,00, untuk penambahan tenaga kerja yang setara dengan lembur 1 jam dengan durasi 239,67 hari didapat Rp.5.365.393.959,28 kemudian pada saat penambahan tenaga kerja yang setara lembur 2 jam durasi dipercepat menjadi 215,29 hari dan biaya optimasinya adalah Rp.5.275.501.833,74 serta setara dengan lembur 3 jam durasi pekerjaan menjadi 196,58 mendapatkan biaya sebesar Rp.5.206.529.376,10 hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan tenaga kerja yang setara lembur 3 jam mendapat biaya proyek termurah dan waktu yang paling cepat.

Efisiensi waktu dan biaya proyek

Efisiensi waktu adalah perbandingan antara selisih durasi normal dengan durasi kumulatif kegiatan dan durasi normal dalam bentuk persen (%), sedangkan efisiensi biaya memiliki maksud yang sama dengan efisiensi waktu akan tetapi merupakan perbandingan antara biaya total. Dari pengertian tersebut dapat ditampilkan hasil efisiensi pada pekerjaan pembesian kolom *basement* pada tabel 16 berikut.

Tabel 16 Efisiensi waktu dan biaya

Lembur (jam)	Efisiensi waktu (%)	Efisiensi biaya (%)
1	5,19	0,95
2	12,15	2,23
3	12,59	2,31

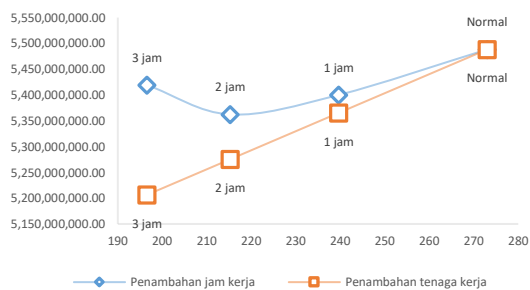
Perbandingan biaya total penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja

Tabel 17 Perbandingan biaya total

Durasi (hari)	Biaya total penambahan jam kerja (lembur) (Rp)	Biaya penambahan tenaga kerja (Rp)
273	5.488.191.102	5.488.191.102
239,67	5.400.123.754	5.365.393.959
215,29	5.362.195.496	5.275.501.833
196,58	5.419.173.754	5.206.529.376

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan hasil pada tabel menunjukkan bahwa penambahan tenaga kerja setara dengan lembur 3 jam merupakan pilihan paling efisien dari semua alternatif yang telah dilakukan.

Jika ditampilkan dalam bentuk grafik maka pembandingan antara biaya total penambahan jam kerja (lembur) dengan penambahan tenaga kerja menjadi seperti pada grafik.



Gambar 4 Grafik perbandingan biaya penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja

Denda

Denda akan berlaku ketika proyek mengalami keterlambatan penyelesaian. Ketentuan denda pada proyek konstruksi adalah 1% dari biaya total setiap 1 hari keterlambatan. Maka denda pada proyek ini dapat ditarik persamaan sebagai berikut.

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

$$\text{Total denda} = 1 \times \frac{1}{1000} \times 5.488.191.102,00$$

$$= \text{Rp}.5.488.191,10 / \text{hari}$$

Ketika dibandingkan antara penambahan biaya akibat penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga , denda tidak lebih murah dari biaya penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja. Sehingga pemilihan dengan menambah jam kerja atau menambah tenaga kerja adalah cara efektif.

5. Kesimpulan

Berdasarkan data, hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada proyek pembangunan Hotel Whiz Prime, Lampung, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

- Waktu dan biaya total proyek dengan penambahan jam lembur pada kondisi normal sebesar 273 hari dengan biaya Rp.5.488.191.102,00, kondisi lembur 1 jam mengakibatkan percepatan menjadi 239,67 hari dengan biaya Rp.5.400.123.754,12, lembur 2 jam mengakibatkan percepatan menjadi 215,29 hari dengan biaya Rp.5.362.195.496,01, lembur 3 jam mengakibatkan percepatan menjadi 196,58 hari dengan biaya Rp.5.419.173.754,91.
- Waktu dan biaya total proyek dengan penambahan tenaga kerja pada kondisi normal sebesar 273 hari dengan biaya Rp.5.488.191.102,00, mengalami penambahan tenaga kerja yang setara dengan lembur 1 jam menjadi 239,67 hari dengan biaya Rp.5.365.393.959,28, setara dengan lembur 2 jam menjadi 215,29 hari dengan biaya Rp.5.275.501.833,74, setara dengan lembur 3 jam menjadi 196,58 hari dengan biaya 5.206.529.376,10.
- Berdasarkan penambahan jam lembur, hasil yang paling efektif adalah penambahan lembur 2 jam dengan selisih biaya Rp.125.995.605,99 dan selisih durasi 57,71 hari. Sedangkan pada penambahan tenaga kerja, hasil yang paling efektif adalah penambahan

tenaga kerja yang setara dengan 3 jam dengan selisih biaya Rp.281.661.725,90 dan selisih durasi 76,42.

- d. Jika dibandingkan waktu dan biaya dari keduanya maka dapat dipastikan penambahan tenaga kerja lebih efektif dari penambahan tenaga kerja karena biaya yang lebih murah dengan percepatan yang sama.
- e. Biaya percepatan durasi dan penambahan tenaga kerja lebih kecil dibandingkan dengan biaya denda yang dikeluarkan akibat keterlambatan.

6. Daftar Pustaka

- Chusairi, M., dan Suryanto, M. 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.
- Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia. 2004. *Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia tentang Waktu Lembur dan Upah Kerja Lembur*. KEPMEN NO. 102 TH 2004. Kep. 102/MEN/VI/2004.
- 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.
- Pamungkas, R. T., dan Hidayat, R. T. 2011. *Analisis Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi (The Analysis of Time Cost Trade Off on Construction Project)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknis Sipil, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Pawiro, D., A., Suharyanto., 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 Teknik, 18 (1), 30-43.
- Soeharto, I. 1997. *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional) Jilid 1*. Jakarta : Erlangga.
- Soemardi, B. W., dan Kusumawardani, R. G. 2010. *Studi Praktek Estimasi Biaya Tidak Langsung pada Proyek Konstruksi*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 4 (KoNTekS 4) Sanur-Bali. 2-3 Juni 2010, 295-300.
- Stefanus, Y., Wijatmiko, I., dan Suryo, E., A. 2017. *Analisis Percepatan Waktu Penyelesaian Proyek Menggunakan Metode Fast-Track dan Crash Program*. Media Teknik Sipil, 15 (1), 74-81.
- Sumanto, A., dan Priyo, M. 2016. *Analisis Percepatan Waktu dan Biaya Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) menggunakan Metode Time Cost Trade Off : Studi Kasus Proyek Pembangunan Pengendali Banjir*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknik, 19 (1), 1-15.
- Syayuti. 2015. *Optimalisasi Waktu dan Biaya dengan Linear Scheduling Method pada Proyek Pembangunan Gedung*

Arsip Dinas Pekerjaan Umum Kalimantan Tengah di Palangka Raya. Jurnal Teknik Sipil, 8 (1) : 9-24.

Wowor, F., N., Sompie, B., F., Walangitan, D., R., O., dan Malingkas, G., Y. 2013. *Aplikasi Microsoft Project dalam Pengendalian Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Proyek.* Jurnal Sipil Statik, 1 (8), 543-548.

Yoni, I., A., M., Warsika, I., P., D., dan Sudipta, I., G., K. 2013. *Perbandingan Penambahan Waktu Kerja (Jam Lembur) dengan Penambahan 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.