

OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA PROYEK MENGGUNAKAN METODE *TIME COST TRADE OFF* (TCTO)

Ichwan Setiawan⁽¹⁾, Impol Siboro⁽²⁾, Muhammad Faisyal⁽³⁾

⁽¹⁾ Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Banjarmasin

⁽²⁾⁽³⁾ Program Studi Teknik Sipil Universitas Balikpapan

E-mail : ichwansetiawan83@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini menghitung perubahan biaya dan waktu pelaksanaan proyek dengan variasi penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan alat berat, serta membandingkan dengan perubahan biaya sesudah penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan alat berat. Data yang digunakan dalam penelitian adalah data sekunder yang diperoleh dari kontraktor pelaksana. Analisis menggunakan metode *time cost trade off*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa waktu dan biaya total proyek kondisi normal 180 hari dengan biaya Rp.9.623.581.000. Setelah penambahan 1 jam kerja lembur *crashing* 164,36 hari dengan biaya Rp.9.642.449.620, penambahan 2 jam kerja lembur *crashing* 154,46 hari dengan biaya Rp.9.732.056.859, dan penambahan 3 jam kerja lembur *crashing* 148,32 hari dengan biaya Rp.9.855.824.505. Waktu dan biaya total proyek setelah penambahan alat akibat waktu lembur 1 jam *crashing* 164,36 hari dengan biaya Rp.9.591.488.049, penambahan alat akibat waktu lembur 2 jam *crashing* 154,46 hari dengan biaya Rp.9.568.245.162, dan penambahan alat akibat waktu lembur 3 jam *crashing* 148,32 hari dengan biaya Rp.9.557.430.488. Berdasarkan hasil penambahan jam lembur dengan penambahan alat dari kondisi normal yang paling efektif adalah penambahan alat akibat durasi dari lembur 3 jam dengan selisih waktu 31,68 hari dan selisih biaya Rp.66.150.512. Biaya mempercepat durasi proyek pada penambahan alat berat lebih murah dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan apabila proyek mengalami keterlambatan dan dikenakan denda.

Kata kunci: *Time cost trade off*, Penambahan jam lembur, Penambahan alat berat

TIME AND COST PROJECT OPTIMIZATION USING TIME COST TRADE OFF METHOD

ABSTRACT

The purpose of this study is to calculate changes in the cost and time of project implementation with variations in the addition of working hours (overtime) and the addition of heavy equipment, and to compare with changes in costs after the addition of working hours (overtime) and the addition of heavy equipment. The data used in this research is secondary data obtained from the contractor. The analysis uses the time cost trade off method. The results of this study indicate that the total time and cost of the project under normal conditions is 180 days at a cost of Rp.9,623,581,000. After adding 1 hour of crashing overtime work of 164.36 days at a cost of Rp.9,642,449,620, additional 2 hours of crashing overtime work of 154.46 days at a cost of Rp.9,732,056,859, and additional 3 hours of crashing overtime work of 148.32 days at a cost Rp.9,855,824,505. Time and total cost of the project after adding equipment due to overtime time of 1 hour crashing 164.36 days at a cost of Rp.9,591,488,049, additional equipment due to overtime time of 2 hours crashing 154.46 days at a cost of Rp.9,568,245,162, and additional equipment due to overtime crashing 3 hours 148.32 days at a cost of Rp.9,557,430,488. Based on the results of the

addition of overtime hours with the addition of tools from normal conditions, the most effective is the addition of equipment due to the duration of 3 hours of overtime with a time difference of 31.68 days and the difference in cost of Rp.66,150,512. The cost of accelerating the project duration in adding heavy equipment is cheaper than the costs that must be incurred if the project is delayed and is subject to fines.

Key words: *Time cost trade off, Addition of overtime hours, Addition of heavy equipment*

1. PENDAHULUAN

Pengendalian proyek konstruksi merupakan suatu kegiatan atau usaha yang sistematis untuk menentukan standar yang sesuai dengan tujuan perencanaan, membandingkan pelaksanaan dengan perencanaan, menganalisis kemungkinan adanya penyimpangan antara pelaksanaan dengan perencanaan, serta melakukan koreksi yang diperlukan agar biaya, sumber daya dan waktu dapat digunakan secara efektif dan efisien dalam rangka mencapai tujuan proyek konstruksi yang diinginkan.

Dalam praktiknya, pelaksanaan proyek konstruksi di lapangan terdapat berbagai kemungkinan yang dapat menyebabkan kerugian dan keterlambatan, misalnya perubahan desain, pengaruh cuaca, keterlambatan suplai material, dan kesalahan perencanaan atau spesifikasi. Oleh karena itu diperlukan adanya analisa biaya dan waktu secara tepat, sehingga diharapkan dapat memperlihatkan presentasi yang akurat pada suatu pekerjaan di saat pelaporan, serta perkiraan total biaya dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek. Hasil dari analisa tersebut dapat dijadikan masukan untuk perbaikan-perbaikan yang diperlukan, agar pekerjaan sesuai dengan hasil yang diharapkan.

Metode *Time Cost Trade Off (TCTO)* merupakan salah satu alat yang digunakan dalam pengelolaan proyek yang mengintegrasikan biaya dan waktu. Dengan menggunakan alternatif penambahan jam lembur atau penambahan jumlah alat/ tenaga kerja bisa melakukan pengendalian biaya dan percepatan waktu

pelaksanaan suatu proyek, serta untuk mendapatkan hasil analisa waktu dan biaya yang paling efisien dan menguntungkan. Irna Hendriyani (2020) menerapkan metode TCTO pada suatu proyek hingga dapat membuat efisiensi waktu sebesar 22%, dan Reno Pratiwi (2020) menerapkan TCTO hingga mampu membuat efisiensi biaya sebesar 1,5%.

Pada penelitian ini akan dilakukan optimalisasi biaya dan waktu penyelesaian proyek, dengan studi kasus proyek Jalan KM. 38 – Semoi – Sepaku – Petung Kalimantan Timur. Berdasarkan risalah kontrak waktu untuk penyelesaian proyek ini 180 hari kalender, dimulai pada 08 Mei hingga 03 November 2017 dengan biaya Rp.9.623.581.000. Penelitian ini akan menitik-beratkan optimalisasi biaya dan waktu dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off (TCTO)* dengan alternatif penambahan jam lembur dan penambahan alat/ jumlah tenaga kerja, sehingga dapat diketahui mana yang lebih optimal pada pelaksanaan proyek jalan KM. 38 – Semoi – Sepaku – Petung Kalimantan Timur.

Berdasarkan latar belakang diatas maka, rumusan masalah yang dapat ditarik adalah berapakah besarnya perubahan antara waktu dan biaya pelaksanaan proyek sebelum dan sesudah penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja? Berapakah total biaya pelaksanaan proyek pembangunan jalan KM. 38 – Semoi – Sepaku – Petung Kalimantan Timur dengan durasi optimum? Alternatif mana yang lebih optimal antara melakukan penambahan jam lembur atau penambahan alat berat dan tenaga kerja?

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya perubahan antara waktu dan biaya pelaksanaan proyek sebelum dan sesudah penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja, mengetahui total biaya pelaksanaan proyek pembangunan jalan KM. 38 – Semoi – Sepaku – Petung Kalimantan Timur dengan durasi optimum, dan menentukan alternative yang lebih optimal antara melakukan penambahan jam lembur atau penambahan alat berat dan tenaga kerja.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Manajemen Proyek

Melihat dari ilmu manajemen, bahwa manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan (H. Kerzner, 1982) dikutip oleh (Soeharto 1995). Dalam mencapai sasaran dan tujuan dari proyek yang telah ditentukan terdapat batasan-batasan dalam suatu proyek yaitu *Tripel Constraint* atau tiga batasan yang terdiri dari Biaya/ Anggaran (*Cost*), Waktu/ Jadwal (*Time*), dan Mutu. informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan yang dapat diberikan dari suatu penjadwalan proyek (Husen, 2009).

2.2 Analisis Time Cost Trade Off (TCTO)

Di dalam analisa metode *Time Cost Trade Off* atau yang biasa juga disebut metode TCTO ini dengan berubahnya waktu penyelesaian proyek maka berubah pula biaya yang akan dikeluarkan. Apabila waktu pelaksanaan dipercepat maka biaya langsung proyek akan bertambah dan biaya tidak langsung proyek akan berkurang. Husen (2009) menyatakan bahwa *crashing program* dapat dilakukan terhadap kegiatan-kegiatan yang berada dalam lintasan kritis. Hal ini dimana waktu

penyelesaian kurang dari waktu normal (dipercepat), akan meningkat karena jumlah sumber daya ditambah sesuai kebutuhan.

2.3 Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Salah satu strategi untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah dengan menambah jam kerja (lembur) para pekerja maupun alat berat. Semakin besar penambahan jam kerja (lembur) dapat menimbulkan penurunan produktivitas. Penambahan jam kerja (lembur) bisa dilakukan dengan melakukan penambahan 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam sesuai dengan waktu penambahan yang diinginkan.

$$1. \text{ Produktivitas harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}}$$

$$2. \text{ Produktivitas Tiap Jam} = \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja perhari}}$$

$$3. \text{ Produktivitas harian sesudah crash} = (\text{Jam kerja perhari} \times \text{Produktivitas tiap jam}) + (a \times b \times \text{Produktivitas tiap jam})$$

Keterangan:

a : Lama penambahan tenaga kerja

b : Koefisien penurunan Prod akibat penambahan jam kerja lembur

$$4. \text{ Crash Duration}$$

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

2.4 Penambahan Tenaga Kerja

Dalam penambahan jumlah tenaga kerja/ alat berat yang perlu diperhatikan adalah ruang kerja yang tersedia apakah terlalu sesak atau cukup lapang, karena penambahan tenaga kerja pada suatu aktivitas tidak boleh mengganggu pemakaian tenaga kerja untuk aktivitas yang lain yang sedang berjalan pada saat yang sama. Selain itu, harus diimbangi pengawasan karena ruang kerja yang sesak dan pengawasan yang kurang akan menurunkan produktivitas pekerja. Perhitungan untuk penambahan tenaga kerja dirumuskan sebagai berikut ini :

$$1. \text{ Jumlah Tenaga Kerja/ Alat Berat Normal}$$

$$= \frac{(Koeffesien tenaga kerja/alat \times volume)}{Durasi normal}$$

2. Jumlah Tenaga Kerja/ Alat Berat dipercepat

$$= \frac{(Koeffesien tenaga kerja \times volume)}{Durasi Dipercepat}$$

2.5 Biaya Tambahan (*Crash Cost*)

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

Perhitungan untuk biaya tambahan pekerja dapat dirumuskan sebagai berikut ini:

1. Normal ongkos pekerja perhari =
Produktivitas harian \times Harga satuan upah pekerja
2. Normal ongkos pekerja perjam =
Produktivitas perjam \times Harga satuan upah pekerja
3. Biaya lembur pekerja = $1,5 \times$ upah sejam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) pertama + $2 \times n \times$ upah sejam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) berikutnya. Dimana n adalah jumlah penambahan jam kerja (lembur)
4. *Crash cost* pekerja perhari = (Jam kerja perhari \times Normal cost pekerja) + ($n \times$ Biaya lembur perjam)
5. Cost Slope = $\frac{crash\ cost - normal\ cost}{durasi\ normal - durasi\ crash}$

2.6 Biaya Tambahan (*Crash Cost*)

Biaya total proyek sama dengan penjumlahan dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya total proyek sangat bergantung dari waktu penyelesaian proyek.

3. METODE PENELITIAN

Pada konsep ini akan ditinjau analisis TCTO (*Time Cost Trade Off*) untuk menentukan biaya dan waktu optimum serta hitungan efisiensi biaya dan waktu sebagai perbandingan sebelum dan sesudah percepatan proyek. Metode penelitian ini meliputi metode pengumpulan data, metode analisis, dan tahapan penelitian.

Ada dua jenis data yang diperlukan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Data primer

Data primer ini berupa wawancara dan observasi dengan pihak terkait dalam pelaksanaan proyek.

2. Data sekunder

Data sekunder ini meliputi Kurva S, RAB, Gambar rencana, dan analisa harga satuan.

Selanjutnya langkah-langkah analisis TCTO untuk melakukan kompresi dilakukan sebagai berikut:

1. Menyusun jaringan kerja proyek, mencari lintasan kritis dan menghitung *cost slope* tiap aktivitas.
2. Melakukan kompresi pada aktivitas yang berada pada lintasan kritis dan mempunyai *cost slope* terendah.
3. Menyusun kembali jaringan kerja.
4. Mengulangi langkah kedua, dimana langkah kedua akan berhenti bila terjadi penambahan lintasan kritis dan bila terdapat lebih dari satu lintasan kritis, maka langkah kedua dilakukan secara serentak pada semua lintasan kritis dan perhitungan *cost slope* dijumlahkan.
5. Langkah dihentikan bila terdapat salah satu lintasan kritis dimana aktivitas-aktivitasnya telah jenuh seluruhnya (tidak mungkin dikompres lagi) sehingga pengendalian biaya telah optimum

Microsoft Project merupakan program yang sangat baik untuk menyusun sebuah perencanaan proyek konstruksi, selain itu didalamnya juga terdapat berbagai aplikasi yang dapat digunakan untuk proses

pengendalian maupun menyusun sebuah proyek (Andi, 2008). Dalam menyusun rencana sebuah proyek konstruksi, terlebih dahulu masukkan data-data kegiatan. Data-data tersebut meliputi jenis kegiatan (*Task Name*), durasi kegiatan (*Duration*), awal kegiatan (*Start*), serta hubungan masing-masing kegiatan dimasukkan dalam lembaran kerja (*Spread Sheet*). Dan secara otomatis, akan membuat *Gantt Chart* (Diagram Balok) dari kegiatan-kegiatan tersebut.

4. ANALISIS HASIL

Pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan pada Proyek Jalan KM. 38 – Semoi – Sepaku – Petung Kalimantan Timur ini adalah penyiapan badan jalan, galian biasa, lapis pondasi agregat kelas B, lapis pondasi agregat kelas A, lapis perkerasan beton kurus dan perkerasan beton semen, serta lapis pondasi agregat kelas S.

Di dalam analisa *time cost trade off* ini dengan berubahnya waktu penyelesaian proyek maka berubah pula biaya yang akan dikeluarkan. Apabila waktu pelaksanaan dipercepat maka biaya langsung proyek akan bertambah dan biaya tidak langsung proyek akan berkurang. Penerapan metode *time cost trade off* dalam penelitian ini dilakukan dengan dua cara untuk mempercepat penyelesaian waktu proyek diantaranya:

1. Penambahan jam kerja atau waktu lembur selama 1 – 3 jam.
2. Penambahan alat berat dan tenaga kerja dengan durasi percepatan yang berdasarkan terhadap waktu lembur.

Dari hasil survey didapatkan bahwa upah normal perjam pekerja di Proyek Jalan KM. 38 – Semoi – Sepaku – Petung Kalimantan Timur terlihat pada Tabel 1.

Contoh perhitungan biaya lembur :
 Untuk *Resource name*: Pekerja
 Upah Pekerja Perhari (*Standart Cost*)
 dibulatkan sesuai Harga Dasar Satuan
 Upah Kontraktor : Rp.98.000,00

Jam Kerja Per hari : 7 Jam / Hari

$$\begin{aligned} \text{Upah Per jam} &= \frac{\text{Upah Kerja Per hari}}{\text{Jam Kerja Per hari}} \\ &= \frac{\text{Rp.98.000}}{7 \text{ Jam}} = \text{Rp. 14.000} \end{aligned}$$

Tabel 1 Upah normal per jam

<i>Resource name</i>	Upah Normal Per Jam (Rp)
Pekerja	14.000
Tukang	16.000
Mandor	18.000
Operator	18.000
Pembantu Operator	14.000
Sopir/Driver	20.000
Pembantu Sopir	14.000
Mekanik	18.000
Pembantu Mekanik	14.000

Sumber: data survey

Biaya Lembur Perhari:

$$\begin{aligned} \text{Lembur Per hari 1 Jam} &= (\text{Upah Per jam} \times 1,5) \\ &= (\text{Rp.14.000} \times 1,5) = \text{Rp.21.000} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lembur Per hari 2 Jam} &= (\text{Upah Per jam} \times 1,5) + (2 \times \text{Rp Upah Perjam}) \\ &= (\text{Rp.14.000} \times 1,5) + (2 \times \text{Rp.14.000}) \\ &= \text{Rp.49.000} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lembur Per hari 3 Jam} &= (\text{Upah Per jam} \times 1,5) + (2 \times 2 \times \text{Upah Perjam}) \\ &= (\text{Rp.14.000} \times 1,5) + (2 \times 2 \times \text{Rp.14.000}) \\ &= \text{Rp.77.000} \end{aligned}$$

Biaya Lembur Per jam:

$$\begin{aligned} \text{Lembur 1 Jam} &= \frac{\text{Lembur Per hari 1 Jam}}{\Sigma \text{ Jam Lemburr}} \\ &= \frac{\text{Rp.21.000}}{1 \text{ Jam}} = \text{Rp. 21.000} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lembur 2 Jam} &= \frac{\text{Lembur Per hari 2 Jam}}{\Sigma \text{ Jam Lembur}} \\ &= \frac{\text{Rp.49.000}}{2 \text{ Jam}} = \text{Rp. 24.500} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lembur 3 Jam} &= \frac{\text{Lembur Perhari 3 Jam}}{\Sigma \text{ Jam Lembur}} \\ &= \frac{\text{Rp.77.000}}{3 \text{ Jam}} = \text{Rp. 25.667} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama diperoleh Penambahan Jam Kerja (Waktu Lembur) untuk semua pekerja seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Biaya Lembur Tenaga Kerja

Resource name	Overtime Cost		
	Lembur 1 Jam	Lembur 2 Jam	Lembur 3 Jam
	Biaya Per Jam (Rp)		
Pekerja	21.000	24.500	25.667
Tukang	24.000	28.000	29.333
Mandor	27.000	31.500	33.000
Operator	27.000	31.500	33.000
Pembantu Operator	21.000	24.500	25.667
Sopir/Driver	30.000	35.000	36.667
Pembantu Sopir	21.000	24.500	25.667
Mekanik	27.000	31.500	33.000
Pembantu Mekanik	21.000	24.500	25.667

Sumber: hasil analisis

Produktivitas normal per hari yang digunakan untuk perhitungan diambil berdasarkan salah satu produktivitas alat berat per jam, kebutuhan alat tiap jam, serta jam kerja per hari. Produktivitas kerja lembur untuk 1 jam per hari diperhitungkan sebesar 90%, 2 jam per hari sebesar 80%, dan 3 jam per hari sebesar 70% dari produktivitas normal. Penurunan produktivitas untuk kerja lembur ini terjadi disebabkan oleh faktor kelelahan operator dan pembantu operator, keterbatasan pandangan pada malam hari, serta keadaan cuaca yang dingin. Durasi normal tiap pekerjaan seperti pada Tabel 3.

Untuk kegiatan-kegiatan kritis yang akan dipercepat durasi percepatan dihitung berdasarkan penambahan jam lembur dari durasi normal yang ada. Contoh perhitungannya sebagai berikut:

Nama Pekerjaan : Galian Biasa
 Volume Pekerjaan : 384 m³
 Durasi Normal : 7,11 Hari
 (dengan jam kerja 7 Jam/ hari)

Produktivitas Alat:

Excavator = 7,71 m³/jam

Dump Truck = 67,50 m³/jam

Kebutuhan Alat:

Excavator = 1,00 m³/jam

Dump Truck = 0,01306 m³/jam

Tabel 3 Durasi normal tiap pekerjaan

Uraian Pekerjaan	Kode	Durasi Normal (Hari)
Penyiapan Badan Jalan	PBJ	2,06
Galian Biasa	GB	7,11
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	LPAB	14,30
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	LPAA	7,87
Lapis Pondasi Beton Kurus	LPBK	21,45
Perkerasan Beton Semen	PBS	81,70
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	LPAS	2,79

Sumber: hasil analisis

Durasi Percepatan (Dp)

$$D_p = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(k \times P_a \times j_k) + (\sum j_l \times p_p \times P_a \times k)}$$

Dengan :

k = Kebutuhan Alat (unit/jam)

P_a = Produktivitas Alat (unit/jam)

j_k = Jam Kerja (jam/hari)

j_l = Jam Lembur (jam/hari)

p_p = Penurunan Produktivitas

Durasi Percepatan lembur 1 jam:

Dp 1 jam

$$= \frac{384 \text{ m}^3}{(1 \times 7,71 \times 7) + (1 \times 0,9 \times 7,71 \times 1)} = 6,30$$

Maksimal *crashing*

= Durasi Normal – Durasi Percepatan

= 7,11 hari – 6,30 hari = 0,8 hari

Durasi Percepatan lembur 2 jam:

Dp 2 jam

$$= \frac{384 \text{ m}^3}{(1 \times 7,71 \times 7) + (1 \times (0,9 + 0,8) \times 7,71 \times 1)} = 5,8$$

Maksimal *crashing*

= 7,11 hari – 5,8 hari = 1,3 hari

Durasi Percepatan lembur 3 jam:

Dp 3 jam

$$= \frac{384 \text{ m}^3}{(1 \times 7,71 \times 7) + (1 \times (0,9 + 0,8 + 0,7) \times 7,71 \times 1)} = 5,5$$

Maksimal *crashing*

= 7,11 hari – 5,5 hari = 1,6 hari

Hasil analisis maksimal crashing pada tiap pekerjaan seperti terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Maksimal *Crashing*

Kode	Durasi Normal (Hari)	Durasi <i>Crashing</i>		
		Lembur 1 jam (Hari)	Lembur 2 jam (Hari)	Lembur 3 jam (Hari)
PBJ	2,06	0,2	0,38	0,47
GB	7,11	0,8	1,32	1,64
LPAB	14,30	1,6	2,66	3,30
LPAA	7,87	0,9	1,46	1,82
LPBK	21,45	2,4	3,99	4,95
PBS	81,70	9,3	15,20	18,85
LPAS	2,79	0,3	0,52	0,64

Sumber: hasil analisis

Biaya percepatan merupakan biaya yang dihasilkan akibat adanya durasi percepatan yang disebabkan oleh lembur 1 – 3 jam dalam sehari. Untuk kegiatan-kegiatan kritis yang akan dihitung biaya percepatannya berdasarkan penambahan jam lembur dan durasi percepatan. Adapun salah satu contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Kondisi Normal

Kebutuhan *Resource* (KR):

Pekerja = 2,00 orang/jam

Mandor = 1,00 orang/jam

Excavator = 1,00 unit/jam

Dump Truck = 0,11 unit/jam

Alat Bantu = 1,00 unti/jam

Biaya *Resource* perjam (BRj):

Pekerja = 14.000 /jam

Mandor = 18.000 /jam

Excavator = 630.373 /jam

Dump Truck = 351.282 /jam

Biaya *Resource* perhari (BRh):

$BRh = jk \times kr \times Brj$

Sehingga,

BRh Pekerja

$= 7 \times 2,00 \times 14.000 = Rp.196.000 /hari$

BRh Mandor

$= 7 \times 1,00 \times 18.000 = Rp.126.000/hari$

BRh Excavator

$= 7 \times 1,00 \times 630.373 = Rp.4.412.609/hari$

BRh Dump Truck

$= 7 \times 0,11 \times 351.282 = Rp.281.025,68/$

hari

Biaya Total *Resource* perhari (BTRh):

$BTRh = \sum BRh = (\text{Pekerja} + \text{Mandor} + \text{Excavator} + \text{Dump Truck})$

$= (196.000,00 + 126.000,00 + 4.412.608,69 + 281.025,68)$

$= Rp.5.015.634 /hari$

Biaya Total *Resource* (BTR) = (BTRh \times durasi) = (Rp.5.015.634/hari \times 7,11 hari)

$= Rp.35.666.733$

Kondisi Lembur 1 Jam

Nama Pekerjaan = Galian Biasa

Volume Pekerjaan = 384 m³

Durasi Percepatan = 6,30 Hari

(dengan jam lembur 1 jam/hari)

Kebutuhan *Resource* (KR):

Pekerja = 2,00 orang/jam

Mandor = 1,00 orang/jam

Excavator = 1,00 unit/jam

Dump Truck = 0,11 unit/jam

Biaya *Resource* (BRj) 1 Jam Lembur:

Pekerja = 21.000/ jam

Mandor = 27.000/ jam

Excavator = 654.373/ jam

Dump Truck = 375.282/ jam

Biaya *Resource* perhari (BRh) 1 jam lembur

$BRh = BRj \text{ 1 jam lembur} \times KR$

Sehingga,

BRh Pekerja

$= 21.000 \times 2,00 = Rp.42.000/ hari$

BRh Mandor

$= 27.000 \times 1,00 = Rp.27.000/ hari$

BRh Excavator

$= 654.373 \times 1,00 = Rp.654.373/ hari$

BRh Dump Truck

$= 375.282 \times 0,11 = Rp.42.889/ hari$

Biaya Total *Resource* Lembur perhari

(BTRLh) = Btrh + (BRh Pekerja + BRh

Mandor + BRh Excavator + BRh Dump

Truck) = (5.015.634 + 42.000 + 27.000 +

654.373 + 42.889) = Rp.5.781.896/ hari

Biaya Total *Resource* (BTR) = (BTRLh \times

durasi percepatan) = (Rp.5.781.896/hari \times

6,30 hari) = Rp.36.425.947

Dengan cara yang sama didapatkan biaya percepatan 1 jam lembur untuk setiap pekerjaan seperti terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Analisa biaya percepatan 1 jam lembur

Kode	Biaya Normal (Rp)	Biaya Percepatan (Rp)
PBJ	19.119.245	19.490.679
GB	35.666.733	36.425.947
LPAB	104.245.816	106.568.509
LPAA	169.554.460	172.973.846
LPBK	360.935.101	379.649.831
PBS	816.695.926	838.015.655
LPAS	30.266.832	30.918.283

Pada analisa *cost variance*, *cost slope*, dan *duration variance* akan digunakan untuk perhitungan biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total, serta dapat diketahui selisih biaya antara biaya normal dengan biaya percepatan tiap lemburnya dengan cara:

Selisih biaya = Biaya Percepatan – Biaya Normal

Sebagai contoh diambil dari salah satu item pekerjaan untuk perhitungan analisa *cost variance* berikut:

Nama pekerjaan = Galian Biasa

Biaya Normal = Rp.35.666.733

Biaya Percepatan:

Lembur 1 Jam = Rp.36.425.947

Lembur 2 Jam = Rp.38.086.209

Lembur 3 Jam = Rp.40.359.653

Selisih Biaya:

Lembur 1 Jam

= Rp.36.425.947 – Rp.35.666.733

= Rp.759.214

Lembur 2 Jam

= Rp.38.086.209 – Rp. 35.666.733

= Rp.2.419.476

Lembur 3 Jam

= Rp.40.359.653 – Rp.35.666.733

= Rp.4.692.920

Analisa selisih biaya normal dan biaya percepatan dengan waktu lembur 1 jam Untuk pekerjaan lainnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Cost slope merupakan biaya perhari dari selisih biaya normal dengan biaya percepatan dan selisih durasi normal dengan durasi percepatan. Salah satu

contoh perhitungan *cost slope* dari item pekerjaan yang kritis adalah sebagai berikut

Tabel 6 Hasil Perhitungan Selisih Biaya Normal dan Biaya Percepatan Dengan Waktu Lembur 1 jam.

Kode	Selisih Biaya (Rp)
PBJ	371.433
GB	759.214
LPAB	2.322.693
LPAA	3.419.386
LPBK	18.714.730
PBS	21.319.729
LPAS	651.451

Sumber: hasil analisis

Nama pekerjaan = Galian biasa

Cost variance:

Lembur 1 jam = Rp.759.214

Lembur 2 jam = Rp.2.419.476

Lembur 3 jam = Rp.4.692.920

Duration variance:

Lembur 1 jam = 0,81 hari

Lembur 2 jam = 1,32 hari

Lembur 3 jam = 1,64 hari

Cost slope:

Lembur 1 jam

= *Cost variance* / *Duration variance*

= Rp.759.214 / 0,81 hari = Rp.937.155

Lembur 2 jam

= Rp.2.419.476 / 1,32 hari = Rp.1.828.784

Lembur 3 jam

= Rp.4.692.920 / 1,64 hari = Rp.2.859.748

Hasil Perhitungan Cost Slope Dengan Waktu Lembur 1 jam terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil Perhitungan Cost Slope Dengan Waktu Lembur 1 jam

Kode	Selisih Biaya (Rp)	<i>Duration Variance</i> (hari)	<i>Cost Slope</i> (Rp/hari)
PBJ	371.433	0,23	1.584.898
GB	759.214	0,81	937.155
LPAB	2.322.693	1,63	1.425.516
LPAA	3.419.386	0,90	3.814.523
LPBK	18.714.730	2,44	7.659.980
PBS	21.319.729	9,31	2.290.461
LPAS	651.451	0,32	2.049.435

Sumber: hasil analisis

Dalam penambahan jumlah alat berat yang perlu diperhatikan adalah ruang kerja yang tersedia apakah terlalu sesak atau cukup lapang, karena penambahan alat berat pada suatu aktivitas tidak boleh mengganggu pemakaian alat berat untuk aktivitas yang lain yang sedang berjalan pada saat yang sama. Dalam hal ini, penambahan alat berat dilakukan secara matematis bukan secara fisik dari alat tersebut. Dengan adanya penambahan alat berat, penambahan tenaga kerja pun juga akan terjadi. Penambahan tenaga kerja juga sama dengan halnya penambahan alat berat, yaitu dilakukan secara matematis dan durasi yang digunakan berdasarkan durasi percepatan akibat lembur.

Untuk perhitungan analisa penambahan alat berat dan tenaga kerja diambil salah satu contoh jenis pekerjaan yaitu sebagai berikut:

Nama pekerjaan = Galian biasa
 Volume pekerjaan = 384,00 m³
 Durasi normal = 7,11 hari
 Durasi percepatan:
 Lembur 1 jam = 6,30 hari
 Lembur 2 jam = 5,79 hari
 Lembur 3 jam = 5,47 hari
 Kebutuhan alat:
 Pekerja = 2,00 unit/jam
 Mandor = 1,00 unit/jam
 Excavator = 1,00 unit/jam
 Dump truck = 0,11 unit/jam

Penambahan alat dan tenaga kerja:
 Lembur 1 jam:
 Pekerja
 = (durasi normal × keb. alat) / durasi
 percepatan = (7,11 × 2,00) / 6,30
 = 2,26 unit/jam ≈ 15,80 unit/hari
 Mandor = (7,11 × 1,00) / 6,30
 = 1,13 unit/jam ≈ 7,90 unit/hari
 Excavator = (7,11 × 1,00) / 6,30
 = 1,13 unit/jam ≈ 7,90 unit/hari
 Dump truck = (7,11 × 0,11) / 6,30
 = 0,13 unit/jam ≈ 0,90 unit/hari

Hasil analisa penambahan alat berat dan tenaga kerja pada pekerjaan galian biasa

untuk penambahan jam kerja 1, 2, dan 3 terlihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Hasil Analisa Penambahan Alat Berat dan Tenaga Kerja Pada Pekerjaan Galian Biasa (GB)

Nama Unit	Jumlah Normal Unit (unit/jam)	Jumlah Penambahan Unit (unit/jam)		
		1 Jam	2 Jam	3 Jam
Pekerja	2,00	2,26	2,46	2,60
Mandor	1,00	1,13	1,23	1,30
Excavator	1,00	1,13	1,23	1,30
Dump Truck	0,11	0,13	0,14	0,15

Biaya analisa biaya penambahan alat berat dan tenaga kerja merupakan biaya yang dihasilkan akibat adanya durasi percepatan yang disebabkan oleh lembur 1 – 3 jam dalam sehari. Untuk kegiatan-kegiatan kritis yang akan dihitung biaya percepatannya berdasarkan penambahan jam lembur dan durasi percepatan. Adapun salah satu contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Kondisi Normal

Nama Pekerjaan = Galian Biasa
 Volume Pekerjaan = 384 m³
 Durasi Normal = 7,11 Hari
 (dengan jam kerja 7 Jam/ hari)

Kebutuhan *resource* (kr):

Pekerja = 2,00 orang/jam
 Mandor = 1,00 orang/jam
 Excavator = 1,00 unit/jam
 Dump Truck = 0,11 unit/jam
 Alat Bantu = 1,00 unti/jam

Biaya *resource* (Brj):

Pekerja = 14.000 /jam
 Mandor = 18.000 /jam
 Excavator = 630.373 /jam
 Dump Truck = 351.282 /jam

Biaya *resource* perhari (Brh):

Brh = jk × kr × Brj

Sehingga,

Brh Pekerja = 7 × 2,00 × 14.000
 = Rp.196.000/ hari

Brh Mandor = 7 × 1,00 × 18.000
 = Rp.126.000/ hari

Brh Excavator = 7 × 1,00 × 630.373
 = Rp.4.412.609 / hari

Brh Dump Truck = 7 × 0,11 × 351.282
 = Rp.281.026/ hari

Biaya total *resource* (Btrh) = Σ Brh = (Pekerja + Mandor + Excavator + Dump Truck) = (196.000 + 126.000 + 4.412.609 + 281.026) = Rp.5.015.634/ hari
 Biaya total *resource* (Btr) = (Btrh \times durasi) = (Rp.5.015.634/hari \times 7,11 hari) = Rp.35.666.733

Kondisi Terhadap Durasi Percepatan dari Waktu Lembur 1 Jam

Nama Pekerjaan = Galian Biasa
 Volume Pekerjaan = 384 m³
 Durasi Percepatan = 6,30 Hari
 Kebutuhan *resource* (kr):
 Pekerja = 2,26 orang/jam
 Mandor = 1,13 orang/jam
 Excavator = 1,13 unit/jam
 Dump Truck = 0,13 unit/jam
 Biaya *resource* (Brj):
 Pekerja = 14.000/jam
 Mandor = 18.000/jam
 Excavator = 630.373/jam
 Dump Truck = 351.282/jam

Biaya *resource* perhari (Brh):
 Brh Pekerja = 7 \times 14.000 \times 2,26 = Rp.221.480/ hari
 Brh Mandor = 7 \times 18.000 \times 1,13 = Rp.142.380/ hari
 Brh Excavator = 7 \times 630.373 \times 1,13 = Rp.4.986.248/ hari
 Brh Dump Truck = 7 \times 351.282 \times 0,13 = Rp.319.667/ hari
 Biaya total *resource* (Btrh) = (221.480 + 142.380 + 4.986.248 + 319.667) = Rp.5.669.775/hari
 Biaya total *resource* (Btr) = (Rp.5.669.775/hari \times 6,30 hari) = Rp.35.725.162

Hasil analisa biaya penambahan alat berat dan tenaga kerja pada pekerjaan galian tanah biasa selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 9.

Analisa Cost Variance, Cost Slope, dan Duration Variance dari penambahan jam kerja 1 jam untuk tiap pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 9 Hasil Analisa Biaya Penambahan Alat Berat dan Tenaga Kerja Pada Pekerjaan Galian Biasa untuk durasi 7,11 hari

Normal		Penambahan		
Biaya Perhari (Rp)	Total (Rp)	Durasi (Hari)	Biaya Perhari (Rp)	Total (Rp)
5.015.634	35.666.733	6,30	5.660.502	35.666.733
5.015.634	35.666.733	5,79	6.162.066	35.666.733
5.015.634	35.666.733	5,47	6.520.325	35.666.733

Sumber: hasil analisis

Tabel 10 Hasil Perhitungan Cost Variance dan Cost Slope Terhadap Durasi Dari Lembur 1 Jam

Kode	Cost Variance (Rp)	Cost Slope (Rp)
PBJ	24.201,58	103.267,53
GB	58.428,30	72.122,44
LPAB	335.463,32	205.885,28
LPAA	3.691,20	4.117,75
LPBK	74.243,37	30.387,97
PBS	742.068,81	79.723,33
LPAS	(8.161,94)	(25.677,09)

Sumber: hasil analisis

Biaya yang digunakan di Proyek adalah biaya total yang merupakan penjumlahan dari biaya langsung (*Direct Cost*) dan biaya tidak langsung (*Indirect Cost*). Yang dimaksud dari analisa biaya adalah analisa biaya tidak langsung, analisa biaya langsung, dan total biaya.

untuk penetapan biaya tidak langsung yaitu 4% dari total biaya langsung Sebelum ditambah dengan PPN 10%.

Biaya tidak langsung
 = 4% \times total biaya langsung
 = 4% \times Rp.8.748.710.056
 = Rp.349.948.402

Biaya tidak langsung/ hari
 = $\frac{\text{Biaya Tidak Langsung}}{\text{Durasi Total Proyek}}$
 = $\frac{\text{Rp.349.948.402}}{180 \text{ Hari}}$ = Rp.1.944.158

Biaya tidak langsung percepatan Penambahan jam Lembur

Lembur 1 jam = (Biaya Tidak Langsung / Durasi Normal) × Komulatif

Lembur 1 Jam

$$= (\text{Rp.}349.948.402 / 180 \text{ hari}) \times 179,19$$

$$= \text{Rp.}348.373.388$$

Lembur 2 jam

$$= (\text{Rp.}349.948.402 / 180 \text{ hari}) \times 178,68$$

$$= \text{Rp.}347.376.287$$

Lembur 3 jam

$$= (\text{Rp.}349.948.402 / 180 \text{ hari}) \times 178,36$$

$$= \text{Rp.}346.757.989$$

Biaya tidak langsung percepatan Penambahan Alat akibat jam Lembur

$$= (\text{Biaya Tidak Langsung} / \text{Durasi Normal}) \times \text{Komulatif}$$

Lembur 1 Jam

$$= (\text{Rp.}349.948.402 / 180 \text{ hari}) \times 179,68$$

$$= \text{Rp.}349.330.416$$

Lembur 2 jam

$$= (\text{Rp.}349.948.402 / 180 \text{ hari}) \times 164,80$$

$$= \text{Rp.}320.395.757$$

Lembur 3 jam

$$= (\text{Rp.}349.948.402 / 180 \text{ hari}) \times 176,70$$

$$= \text{Rp.}343.531.673$$

Hasil biaya perhitungan biaya tidak langsung dengan waktu lembur 1 jam untuk tiap pekerjaan disajikan pada Tabel 11. Hasil analisa perhitungan biaya tidak langsung terhadap durasi dari penambahan jam kerja 1 jam terlihat pada Tabel 12.

Tabel 11 Hasil Perhitungan Biaya Tidak Langsung Dengan Waktu Lembur 1 jam

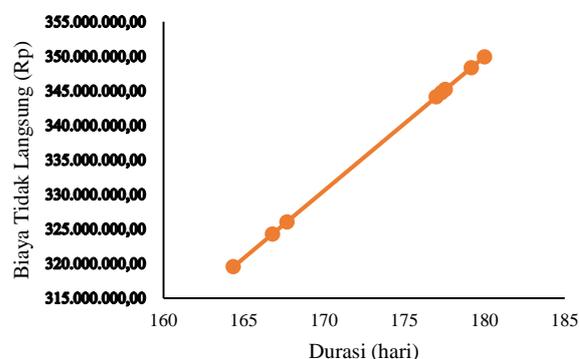
Kode	Durasi (Hari)				Biaya Tidak Langsung
	Normal	Crash	Selisih	Kumulatif	
				180	349.948.402
GB	7,11	6,30	0,81	179,19	348.373.388
LPAB	14,30	12,67	1,63	177,56	345.205.636
PBJ	2,06	1,82	0,23	177,33	344.750.007
LPAS	2,79	2,47	0,32	177,01	344.132.020
PBS	81,70	72,40	9,31	167,70	326.035.701
LPAA	7,87	6,97	0,90	166,80	324.292.934
LPBK	21,45	19,00	2,44	164,36	319.543.001

Sumber: hasil analisis

Tabel 12 Hasil Analisa Perhitungan Biaya Tidak Langsung Terhadap Durasi Dari Lembur 1 Jam

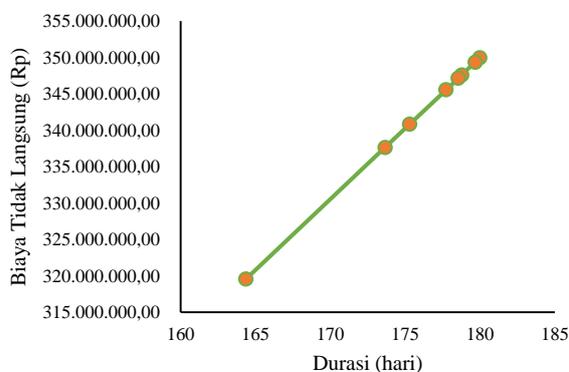
Kode	Durasi (Hari)				Biaya Tidak Langsung
	Normal	Crash	Selisih	Kumulatif	
				180	349.948.402
LPAS	2,79	2,47	0,32	179,68	349.330.416
LPAA	7,87	6,97	0,90	178,79	347.587.649
PBJ	2,06	1,82	0,23	178,55	347.132.020
GB	7,11	6,30	0,81	177,74	345.557.006
LPBK	21,45	19,00	2,44	175,30	340.807.073
LPAB	14,30	12,67	1,63	173,67	337.639.321
PBS	81,70	72,40	9,31	164,36	319.543.001

Sumber: hasil analisis



Gambar 1 Grafik Biaya Tidak Langsung Akibat Penambahan 1 Jam lembur

Dari nilai biaya tidak langsung pada Gambar 1 dan Gambar 2 dapat kita ketahui biaya tidak langsung perhari. Dimana besar biaya tidak langsung tersebut akan berkurang jika durasi proyek juga berkurang.



Gambar 2 Grafik Biaya Tidak Langsung Penambahan Alat Berat dan Tenaga Kerja Terhadap Penambahan 1 Jam lembur

Dalam menentukan biaya langsung terhadap total durasi proyek adalah
 Biaya langsung = Nilai total proyek – Biaya tidak langsung
 Sehingga nilai dari biaya langsung pada proyek adalah:
 = Rp.8.748.710.056 – Rp.349.948.402
 = Rp.8.398.761.654

Untuk mencari biaya langsung akibat percepatan Panambahan Jam Lembur selanjutnya adalah sebagai berikut:

Lembur 1 jam
 = Biaya langsung + Selisih biaya
 = Rp.8.398.761.654 + Rp.759.214
 = Rp.8.399.520.868

Lembur 2 jam
 = Rp.8.398.761.654 + Rp.2.419.476
 = Rp.8.401.181.130

Lembur 3 jam
 = Rp.8.398.761.654 + Rp.4.692.920
 = Rp.8.403.454.574

Hasil perhitungan lengkap dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13 Hasil Perhitungan Biaya Langsung Dengan Waktu Lembur 1 jam

Kode	Durasi (Hari)				Biaya Langsung
	Normal	Crash	Selisih	Kumulatif	
				180	8.398.761.654
GB	7,11	6,30	0,81	179,19	8.399.520.868
LPAB	14,30	12,67	1,63	177,56	8.401.843.561
PBJ	2,06	1,82	0,23	177,33	8.402.214.994
LPAS	2,79	2,47	0,32	177,01	8.402.866.445
PBS	81,70	72,40	9,31	167,70	8.424.186.174
LPAA	7,87	6,97	0,90	166,80	8.427.605.560
LPBK	21,45	19,00	2,44	164,36	8.446.320.290

Sumber: hasil analisis

Untuk mencari biaya langsung akibat percepatan penambahan alat dan tenaga kerja selanjutnya adalah sebagai berikut:

Lembur 1 jam
 = Biaya langsung + Selisih biaya
 = Rp.8.398.761.654 + (- Rp.8.162)
 = Rp.8.398.753.492

Lembur 2 jam
 = Rp.8.398.761.654 + (- Rp.647.983)
 = Rp.8.398.113.672

Lembur 3 jam
 = Rp.8.398.761.654 + Rp.4.692.920

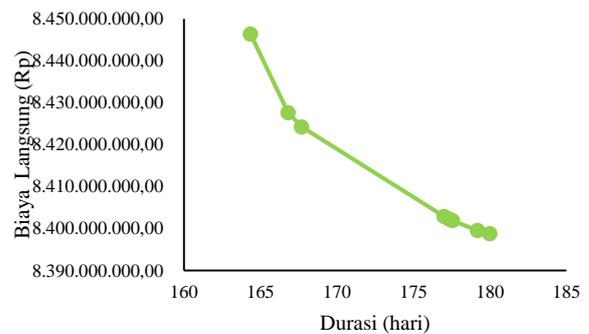
= Rp.8.403.454.574

Untuk perhitungan lengkap dapat dilihat pada Tabel 14.

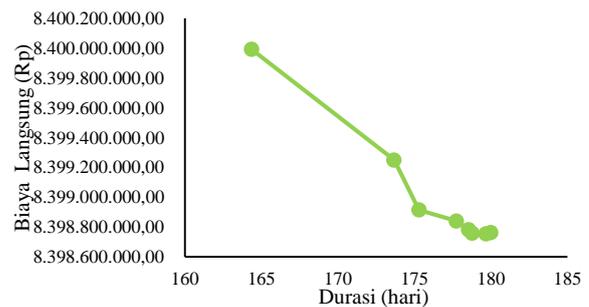
Tabel 14 Hasil Perhitungan Biaya Langsung Terhadap Durasi Dari Waktu Lembur 1 jam

Kode	Durasi (Hari)				Biaya Langsung
	Normal	Crash	Selisih	Kumulatif	
				180	8.398.761.654
LPAS	2,79	2,47	0,32	179,68	8.398.753.492
LPAA	7,87	6,97	0,90	178,79	8.398.757.183
PBJ	2,06	1,82	0,23	178,55	8.398.781.384
GB	7,11	6,30	0,81	177,74	8.398.839.813
LPBK	21,45	19,00	2,44	175,30	8.398.914.056
LPAB	14,30	12,67	1,63	173,67	8.399.249.520
PBS	81,70	72,40	9,31	164,36	8.399.991.588

Sumber: hasil analisis



Gambar 3 Grafik Biaya Langsung Akibat Penambahan 1 Jam lembur



Gambar 4 Grafik Biaya Langsung Penambahan Alat Berat dan Tenaga Kerja Terhadap Penambahan 1 Jam lembur

Menentukan Total Biaya

Total biaya
 = Biaya langsung + Biaya tidak langsung
 = Rp.8.398.761.654 + Rp.349.948.402
 = Rp.8.748.710.056

Hasil perhitungan tertera pada Tabel 15 dan Tabel 16.

Tabel 15 Hasil Perhitungan Total Biaya Dengan Waktu Lembur 1 jam

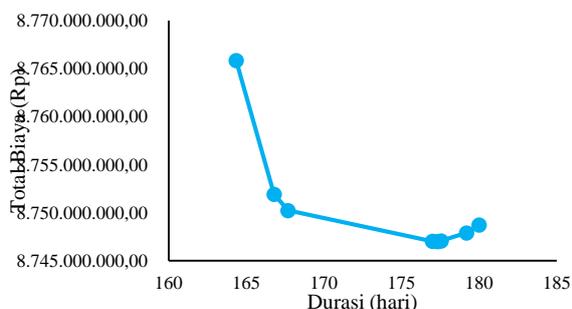
Kode	Durasi (Hari)				Total Biaya
	Normal	Crash	Selisih	Kumulatif	
				180	8.748.710.056
GB	7,11	6,30	0,81	179,19	8.747.894.256
LPAB	14,30	12,67	1,63	177,56	8.747.049.197
PBJ	2,06	1,82	0,23	177,33	8.746.965.001
LPAS	2,79	2,47	0,32	177,01	8.746.998.466
PBS	81,70	72,40	9,31	167,70	8.750.221.875
LPAA	7,87	6,97	0,90	166,80	8.751.898.494
LPBK	21,45	19,00	2,44	164,36	8.765.863.291

Sumber: hasil analisis

Tabel 16 Hasil Perhitungan Total Biaya Terhadap Durasi Dari Waktu Lembur 1 jam

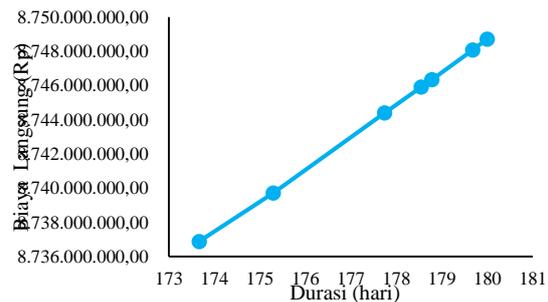
Kode	Durasi (Hari)				Total Biaya
	Normal	Crash	Selisih	Kumulatif	
				180	8.748.710.056
LPAS	2,79	2,47	0,32	179,68	8.748.083.908
LPAA	7,87	6,97	0,90	178,79	8.746.344.832
PBJ	2,06	1,82	0,23	178,55	8.745.913.404
GB	7,11	6,30	0,81	177,74	8.744.396.819
LPBK	21,45	19,00	2,44	175,30	8.739.721.130
LPAB	14,30	12,67	1,63	173,67	8.736.888.840
PBS	81,70	72,40	9,31	164,36	8.719.534.590

Sumber: hasil analisis



Gambar 5 Grafik Total Biaya Akibat Penambahan 1 Jam lembur

Berdasarkan analisa durasi percepatan dan biaya total proyek dapat dihitung efisiensi waktu dan biaya dari proyek tersebut. Berikut dibawah ini salah satu contoh perhitungan analisa efisiensi waktu dan biaya proyek pada masing-masing jam lembur dengan item pekerjaan lapis pondasi agregat kelas S bahu jalan adalah sebagai berikut



Gambar 6 Grafik Total Biaya Penambahan Alat Berat dan Tenaga Kerja Terhadap Penambahan 1 Jam lembur

Efisiensi Waktu dan Biaya Penambahan Jam Lembur

Lembur 1 Jam

Efisiensi Waktu :

$$Et = \frac{180 - 179,19}{180} \times 100\% \quad Et = 0,45\%$$

Efisiensi Biaya :

$$Ec = \frac{Rp.8.748.710.056 - Rp.8.747.894.256}{Rp.8.748.710.056} \times 100\%$$

$$Ec = 0,009\%$$

Lembur 2 Jam

Efisiensi Waktu :

$$Et = \frac{180 - 178,68}{180} \times 100\% = 0,73\%$$

Efisiensi Biaya :

$$Ec = \frac{Rp.8.748.710.056 - Rp.8.748.557.416}{Rp.8.748.710.056} \times 100\%$$

$$Ec = 0,002\%$$

Lembur 3 Jam

Efisiensi Waktu :

$$Et = \frac{180 - 178,36}{180} \times 100\% = 0,91\%$$

Efisiensi Biaya :

$$Ec = \frac{Rp.8.748.710.056 - Rp.8.750.212.563}{Rp.8.748.710.056} \times 100\%$$

$$Ec = -0,017\%$$

Efisiensi Waktu dan Biaya Penambahan Alat Berat/ Tenaga Kerja Akibat Jam Lembur

Lembur 1 Jam

Efisiensi Waktu :

$$Et = \frac{180 - 179,68}{180} \times 100\% = 0,18\%$$

Efisiensi Biaya :

$$Ec = \frac{\text{Rp.8.748.710.056} - \text{Rp.8.748.083.908}}{\text{Rp.8.748.710.056}} \times 100\%$$

$$Ec = 0,007\%$$

Lembur 2 Jam

Efisiensi Waktu :

$$Et = \frac{180 - 164,80}{180} \times 100\% = 8,44\%$$

Efisiensi Biaya :

$$Ec = \frac{\text{Rp.8.748.710.056} - \text{Rp.8.718.509.428}}{\text{Rp.8.748.710.056}} \times 100\%$$

$$Ec = 0,345\%$$

Lembur 3 Jam

Efisiensi Waktu :

$$Et = \frac{180 - 176,70}{180} \times 100\% = 1,83\%$$

Efisiensi Biaya :

$$Ec = \frac{\text{Rp. 8.748.710.056,00} - \text{Rp. 8.742.139.637,07}}{\text{Rp. 8.748.710.056,00}}$$

$$\times 100\%$$

$$Ec = 0.075\%$$

Tabel 17 Hasil Perhitungan Efisiensi Waktu dan Biaya Dengan penambahan Waktu Lembur 1 jam

Kode	Durasi (Hari)	Total Biaya	Efisiensi Waktu (%)	Efisiensi Biaya (%)
	180	8.748.710.056	0,00	0,000
GB	179,19	8.747.894.256	0,45	0,009
LPAB	177,56	8.747.049.197	1,36	0,019
PBJ	177,33	8.746.965.001	1,49	0,020
LPAS	177,01	8.746.998.466	1,66	0,020
PBS	167,70	8.750.221.875	6,83	-0,017
LPAA	166,80	8.751.898.494	7,33	-0,036
LPBK	164,36	8.765.863.291	8,69	-0,196

Sumber: hasil analisis

Pada penambahan jam lembur 1 jam jika dibandingkan dengan penambahan alat berat 1 yang lebih efektif adalah dengan melakukan penambahan alat berat. Untuk selanjutnya pada penambahan jam lembur 2 jam jika dibandingkan dengan penambahan alat 2 yang lebih efektif adalah dengan menambah alat karena dari segi durasi dan biaya lebih cepat dan dari segi biaya lebih ekonomis. Pada penambahan jam lembur 3 jam jika di bandingkan dengan penambahan alat berat 3 yang lebih efektif juga dengan

menambah alat berat di bandingkan dengan menambah jam lembur jika di lihat dari durasi dan biayanya.

Tabel 18 Hasil Perhitungan Efisiensi Waktu dan Biaya dengan penambahan tenaga kerja/ alat berat Terhadap Durasi Dari Waktu Lembur 1 jam

Kode	Durasi (Hari)	Total Biaya	Efisiensi Waktu (%)	Efisiensi Biaya (%)
	180	8.748.710.056	0,00	0,000
LPAS	179,68	8.748.083.908	0,18	0,007
LPAA	178,79	8.746.344.832	0,67	0,027
PBJ	178,55	8.745.913.404	0,80	0,032
GB	177,74	8.744.396.819	1,25	0,049
LPBK	175,30	8.739.721.130	2,61	0,103
LPAB	173,67	8.736.888.840	3,52	0,135
PBS	164,36	8.719.534.590	8,69	0,333

Sumber: hasil analisis

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penerapan metode *time cost trade off* pada Proyek Peningkatan Jalan KM. 38 – Semoi – Sepaku – Petung Kalimantan Timur antara penambahan jam kerja selama 1 – 3 jam dengan penambahan alat berat dan tenaga kerja didapatkan kesimpulan bahwa waktu dan biaya proyek pada kondisi normal sebesar 180 hari dengan biaya Rp.9.623.581.000. Akibat penambahan jam kerja lembur didapatkan waktu dan biaya optimum. Untuk penambahan 1 jam lembur dengan biaya optimum Rp.9.642.449.620 dan durasi *crashing* 164,36 hari. Untuk penambahan 2 jam lembur didapatkan biaya optimum Rp.9.732.056.858 dan durasi *crashing* 154,46 hari. Untuk penambahan 3 jam lembur didapatkan biaya optimum Rp.9.855.824.505 dan durasi *crashing* 148,32 hari. Penambahan tenaga kerja/alat berat akibat lembur 1 jam dengan biaya optimum Rp.9.591.488.049 dan durasi *crashing* 164,36 hari, 2 jam dengan biaya optimum Rp.9.568.245.163 dan durasi *crashing* 154,46 hari, dan 3 jam dengan biaya optimum Rp.9.557.430.488 dan durasi *crashing* 148,32 hari. Dari alternatif tersebut didapatkan biaya dan waktu optimum yaitu pada penambahan Jumlah

Tenaga Kerja/ Alat Berat Akibat Lembur 3 Jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Clifford F, Gray dan Erik W Larson, 2007, *Manajemen Proyek Proses Manajerial*, Edisi Ketiga, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Dipohusodo, I. 1995, *Manajemen Proyek dan Konstruksi*. Edisi ketujuh, Penerbit Kanisius Yogyakarta.
- Husen, A. 2009. *Manajemen Proyek*. CV Andi Offset, Yogyakarta.
- Irna Hendriyani, Reno Pratiwi, dan Nour Qadri. 2020. Optimasi Waktu Dan Biaya Pada Pelaksanaan Proyek Peningkatan Jalan Bina Bakti Kelurahan Gunung Seteleng Kabupaten Penajam Paser Utara Dengan Metode *Time Cost Trade Off* (TCTO). *Jurnal Transukma Volume 3 Nomor 1 Tahun 2020*. Prodi Teknik Sipil Universitas Balikpapan. URL <https://transukma.uniba-bpn.ac.id/index.php/transukma/article/view/72>
- Johan, dkk, 1998, *Trade-Off Waktu dan Biaya Pada Proyek Konstruksi Studi Kasus Pada Proyek Kantor Bank Metro*, Jurnal Teknik Sipil F.T. Unair, No. 3. Surabaya.
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia. *NOMOR KEP. 102/MEN/VI/2004*. Waktu Kerja Lembur Dan Upah Kerja Lembur.
- Kerzner, Harold, 2006, *Project management, A Systems Approach to Planning Scheduling and controlling*, Published by jhon wiley & Sons inc. USA.
- Reno Pratiwi, Mustakim dan Clara Annisa Forester Bangabua. 2020. Optimalisasi Waktu dan Biaya Menggunakan Time Cost Trade Off Method (TCTO) dan Precedence Diagram Method (PDM) pada Pembangunan Drainase Jalan Tol KM. 35 Balikpapan-Samarinda. *Jurnal Transukma Volume 3 Nomor 1 Tahun 2020*. Prodi Teknik Sipil Universitas Balikpapan. URL <https://transukma.uniba-bpn.ac.id/index.php/transukma/article/view/65>
- Soeharto, Imam, 1997, *Manajemen Proyek dari konseptual sampai oprasional* Erlangga, Jakarta.