



OPTIMASI BIAYA DAN WAKTU MENGGUNAKAN METODE *TIME COST TRADE OFF* (STUDI KASUS: PROYEK SPAM REGIONAL WOSUSOKAS SEGMENT 4, PIPA DISTRIBUSI UTAMA DUWET – MOJOLABAN)

Afifah Nurul Hidayah^{1*}, Ary Setyawan², Setiono³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Indonesia
Jl. Ir. Sutami No.36, Kentingan, Jebres, Surakarta, Jawa Tengah, Kode Pos 57126

*Email: afifahhidayah26@gmail.com

Diajukan: 27/05/2024 Direvisi: 19/06/2024 Diterima: 16/07/2024

Abstrak

Salah satu metode penelitian yang dapat digunakan untuk optimasi biaya dan waktu, yaitu Time Cost Trade Off (TCTO). Metode TCTO memiliki konsep, yaitu dengan berubahnya waktu penyelesaian proyek maka akan berubah pula biaya yang akan dikeluarkan. Adapun alternatif optimasi yang digunakan, yaitu dengan menambah jam kerja (lembur) dan menambah tenaga kerja. Dalam melakukan perhitungan optimasi, digunakan program atau software Primavera P6. Hasil perhitungan optimasi dengan menambah jam kerja (lembur) serta menambah tenaga kerja dengan beberapa variasi penambahan, menunjukkan perubahan dimana durasi menjadi lebih singkat namun cenderung terjadi peningkatan pada total biaya. Adapun alternatif optimasi yang memiliki total biaya dan durasi paling optimum atau efisien, yaitu dengan cara menambah 2 pekerja karena durasi proyek menjadi lebih cepat dan walaupun terjadi penambahan biaya, penambahannya lebih optimum atau efisien jika dibandingkan alternatif yang lain.

Kata kunci: Alternatif, Biaya, Optimasi, Waktu, Time Cost Trade Off

Abstract

One research method that can be used to optimize costs and time is Time Cost Trade Off (TCTO). The TCTO method has a concept, namely that as the project completion time changes, the costs that will be incurred will also change. The optimization alternative used is by increasing working hours (overtime) and increasing workforce. In carrying out optimization calculations, the Primavera P6 program or software is used. The results of optimization calculations by increasing working hours (overtime) and increasing labor with several additional variations, show changes where the duration becomes shorter but there tends to be an increase in total costs. The optimization alternative that has the most optimum or efficient total cost and duration is by adding 2 workers because the project duration is faster and even though there is an increase in costs, the addition is more optimum or efficient compared to other alternatives.

Keywords: Alternatives, Cost, Optimization, Time, Time Cost Trade Off

1. PENDAHULUAN

Seiring meningkatnya kebutuhan akan air bersih untuk menunjang kegiatan sehari-hari, seperti minum, mandi, bercocok tanam, dan kegiatan lainnya, wilayah Provinsi Jawa Tengah, terutama di Kabupaten Wonogiri, Kabupaten Sukoharjo, Kota Solo, Kabupaten Karanganyar, dan Kabupaten Sragen (WOSUSOKAS) melakukan pembangunan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM). Kelima daerah tersebut merupakan daerah yang jumlah penduduknya tinggi dan sebagian besar memiliki mata

pencarian di bidang pertanian dan perindustrian (Darmadi, A. 2021). Pada saat musim kemarau tiba, seringkali terjadi kesulitan untuk mendapatkan air, hal tersebut sangat menghambat beberapa pekerjaan terutama di bidang pertanian dan perindustrian karena kedua bidang tersebut merupakan bidang pekerjaan yang sangat membutuhkan pasokan air yang tinggi (Ervianto, W.I. 2005). Adapun dalam suatu proyek perlu adanya suatu pengelolaan proyek. Salah satu upaya pengelolaan proyek adalah melakukan optimasi akan biaya dan waktu (Rudianto & Munasih,

2020). Optimasi biasanya dilakukan untuk mengoptimalkan sumber daya yang ada dan meminimalkan kendala, namun harus tetap menghasilkan hasil yang optimal. Salah satu metode penelitian yang dapat digunakan untuk optimasi biaya dan waktu, yaitu *Time Cost Trade Off* (TCTO).

Dalam suatu proyek juga dikenal adanya *triple constraint* yang memiliki arti apabila ingin meningkatkan kinerja suatu produk yang telah disepakati dalam kontrak, maka harus diikuti dengan peningkatan terhadap mutu. Selanjutnya hal tersebut akan mengakibatkan naiknya anggaran atau biaya. Sebaliknya, apabila ingin menekan biaya, maka harus berkompromi dengan mutu dan jadwal (Iman Soeharto, 1999). Untuk menyeimbangkan ketiga komponen tersebut tentunya diperlukan upaya perhitungan yang tepat, salah satunya dengan melakukan optimasi. Menurut KBBI, optimasi dapat diartikan sebagai suatu upaya mengoptimalkan sesuatu yang sebelumnya sudah ada dan membuatnya menjadi lebih efektif. Optimasi merupakan salah satu upaya untuk mencegah keterlambatan proyek atau bisa dikatakan sebagai suatu upaya untuk mempercepat proyek. Agar dalam pelaksanaan proyek berjalan sesuai dengan rencana, maka penjadwalan yang tepat dan pemakaian biaya yang efektif tanpa mengurangi kualitas atau mutu perlu dilakukan. Salah satu metode perhitungan yang dapat digunakan untuk upaya optimasi adalah metode *Time Cost Trade Off* (TCTO).

Adapun beberapa alternatif yang dapat digunakan dalam perhitungan optimasi, yaitu penambahan jam kerja (lembur), penambahan banyaknya tenaga kerja, penambahan atau penggantian alat, dan penggunaan metode kerja yang lebih efektif (Mandiyo Priyo dkk., 2017). Dari beberapa alternatif yang ada tersebut, nantinya dalam penelitian ini akan digunakan dua alternatif saja, yaitu dengan cara penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja. Nantinya juga akan digunakan beberapa variasi dalam melakukan penambahan pada perhitungan optimasi, tentunya dengan mempertimbangkan peraturan yang berlaku serta situasi dan kondisi di lapangan pekerjaan. Analisis perhitungan optimasi juga akan dibantu menggunakan program *Primavera P6*.

Penelitian sejenis juga pernah dilakukan oleh Alif Yudhi Himawan (2023) dengan menggunakan metode TCTO. Alternatif yang

digunakan ialah dengan cara menambahkan jam kerja berupa lembur dan menambahkan banyaknya tenaga kerja sebanyak 30%. Dalam penelitian ini juga disampaikan bahwa alternatif yang lebih ekonomis untuk menyelesaikan proyek adalah dengan menggunakan metode penambahan banyaknya tenaga kerja karena adanya penurunan total biaya serta waktu proyek menjadi lebih cepat daripada waktu normal proyek. (Messah, Y.A., 2023)

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat dijadikan salah satu opsi upaya optimasi bagi suatu proyek guna mengantisipasi keterlambatan serta untuk memilih hasil perhitungan optimasi biaya dan waktu yang efisien.

2. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan, yaitu metode analisis deskriptif. Metode analisis deskriptif merupakan suatu metode untuk memecahkan masalah yang ada dengan cara melakukan pengumpulan data, kemudian menyusun data yang ada, menjelaskan data, mengolah data, lalu melakukan analisis terhadap data sampai dengan diperoleh hasil akhir. Kemudian dilakukan penarikan suatu kesimpulan yang didasarkan pada hasil perhitungan yang didapat.

Tahap awal yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu tahap persiapan atau dilakukan studi literatur dengan cara membaca jurnal atau sumber lain yang dapat dijadikan sebagai referensi penelitian. Selanjutnya, dilakukan observasi terhadap objek penelitian dengan cara menghubungi pihak proyek untuk meminta izin melakukan penelitian. Setelah mendapat izin dari pihak proyek, dilakukan pengumpulan data guna mendukung penelitian, adapun data-data yang didapat dari pihak proyek, seperti *time schedule*, Rencana Angaran Biaya (RAB), dan metode kerja.

Langkah berikutnya, dilakukan pengolahan data. Adapun analisis perhitungan optimasi menggunakan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) dengan dua alternatif, yaitu menambah jam kerja (lembur) dan menambah tenaga kerja serta digunakan program *Primavera P6* sebagai alat bantu analisis perhitungan. Selanjutnya, dilakukan evaluasi terhadap hasil pengolahan data untuk memastikan bahwa perhitungan sudah dilakukan dengan tepat. Setelah data selesai diolah dan dilakukan pengecekan, dilakukan penarikan kesimpulan terhadap hasil perhitungan serta

diberikan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya (Widodo, S. dkk. 2023).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis perhitungan optimasi akan dilakukan pada aktivitas pekerjaan yang dilalui oleh lintasan kritis dengan menggunakan dua alternatif, yaitu penambahan jam kerja (lembur) dan tenaga kerja. (Fardila D, 2021)

3.1 Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Merujuk pada Peraturan Pemerintah No. 35 Tahun 2021 yang didalamnya mengatur tentang beberapa standar yang digunakan pada upaya penambahan jam kerja (lembur). Dalam peraturan tersebut dijelaskan bahwa waktu lembur paling lama 4 (empat) jam dalam 1 (satu) hari dan 18 (delapan belas) jam dalam 1 (satu) minggu. Adapun standar upah yang digunakan dalam waktu lembur menurut peraturan tersebut sebesar 1,5 (satu setengah) kali upah 1 jam kerja normal untuk penambahan 1 jam kerja (lembur), untuk setiap penambahan jam kerja (lembur) berikutnya (jam ke-2 dan seterusnya) sebesar 2 (dua) kali upah 1 jam kerja normal ditambah biaya lembur di penambahan jam kerja sebelumnya. Lalu, pada penelitian ini akan digunakan variasi penambahan jam kerja 1, 2, 3, dan 4 jam. Dalam satu hari bekerja selama 8 jam dan digunakan produktivitas lembur sebesar 75% (Ivander Immanuel, 2021).

Contoh perhitungan dengan penambahan 1 jam kerja (lembur) pada pekerjaan 2.1 *Medium Steel Pipe ND 900 mm, t= 9.5 mm, 3LPE & Liquid Epoxy includes excavation, selected backfill, transport, pipe washing 2 times using clean water and onsite test.*

1. Biaya Normal/*Normal Cost*:

- Volume pekerjaan = 3200 m
- Upah satuan tenaga kerja = Rp57.881,25
- Durasi normal = 189 hari
- $Normal Cost = (a \times b)$
= $3200 \times 57.881,25$
= Rp185.220.000,00

$$e. Normal Cost/hari = (d/c)
= Rp185.220.000,00/189 hari
= Rp980.000,00$$

$$f. Normal Cost/jam = (e/8 jam)
= Rp980.000,00/8 jam
= Rp122.500,00$$

2. Durasi Percepatan/*Crash Duration*:

$$g. Produktivitas harian = (a/c)
= 3200/189
= 16,93 m/hari$$

$$h. Produktivitas per jam = (g/8 jam)
= 16,93/8
= 2,12 m/jam$$

$$i. Produktivitas harian percepatan/*crash*
= (g + (1 x h x efisiensi lembur))
= (16,93 + (1 x 2,12 x 0,75))
= 18,52 m/hari$$

$$j. Crash Duration = (a/i)
= 3200/18,52
= 172,80 \approx 173 hari$$

- Menghitung Indeks Tenaga Kerja yang Melakukan Lembur Volume Pekerjaan ketika Lembur = Prod. per Jam x *Crash Duration*
= $2,12 \times 173$
= 366,14 m Menghitung Indeks Tenaga Kerja yang Melakukan Lembur Indeks Tenaga Kerja ketika Lembur = Volume Pekerjaan ketika Lembur x Koefisien Tenaga Kerja

Berikut merupakan untuk perhitungan masing-masing tenaga kerja

$$\text{Mandor} = 366,14 \times 0,0591 = 21,63 \text{ OH}$$

$$\text{Pekerja} = 366,14 \times 0,2363 = 86,50 \text{ OH}$$

$$\text{Operator alat berat} = 366,14 \times 0,1772 = 64,88 \text{ OH}$$

$$\text{Tukang las} = 366,14 \times 0,1181 = 43,25 \text{ OH}$$

4. Biaya percepatan/*Crash Cost*:

- Upah normal/jam = (b x h)
= Rp57.881,25 x 2,12
= Rp122.500,00

- Upah lembur 1 jam = (1,5 x k)
= $1,5 \times Rp122.500,00$
= Rp183.750,00

- Total upah lembur = (j x l)
= $173 \times Rp183.750,00$
= Rp31.788.750,00

- Total biaya percepatan/*Crash Cost* = (d+m)
= Rp185.220.000,00 + Rp31.788.750,00
= Rp217.008.750,00

5. *Cost Slope*

$$Cost Slope = \frac{n-a}{c-j} \quad (1)$$

Keterangan:

n= crash cost

a= normal cost
 c= normal duration
 j= Crash duration

$$\text{Cost Slope} = \frac{217.008.750 - 185.220.000}{189 - 173}$$

$$= \text{Rp } 1.986.796,88$$

3.2 Penambahan Tenaga Kerja

Penambahan tenaga kerja dilakukan dengan cara menambah jumlah pekerja untuk melaksanakan aktivitas pekerjaan tanpa menambah jam kerja. Dalam penambahan tenaga kerja perlu dipertimbangkan beberapa hal, seperti memperhatikan ruang kerja yang tersedia sehingga tidak menyebabkan tenaga kerja yang menganggur di lokasi pekerjaan. Adapun variasi yang digunakan dalam penambahan, yaitu dengan menambah pekerja sebanyak 1 dan 2 (Saragi, T.E, 2022).

Contoh perhitungan dengan penambahan 1 pekerja pada pekerjaan 2.1 *Medium Steel Pipe ND 900 mm, t= 9.5 mm, 3LPE & Liquid Epoxy includes excavation, selected backfill, transport, pipe washing 2 times using clean water and onsite test.*

1. Volume pekerjaan = 3200 m
2. Durasi normal = 189 hari
3. Tenaga kerja yang ingin ditambah = pekerja
4. Koefisien tenaga kerja

Mandor	= 0,0591
Pekerja	= 0,2363
Operator alat berat	= 0,1772
Tukang las	= 0,1181
5. Harga upah tenaga kerja per hari

Mandor	= Rp111.000,00
Pekerja	= Rp91.000,00
Operator alat berat	= Rp101.000,00
Tukang las	= Rp101.000,00
6. Menghitung kapasitas kerja tenaga kerja per hari
 Menghitung kapasitas kerja untuk pekerja
 $\text{Kapasitas Kerja} = 1/\text{Koefisien tenaga kerja} (2)$
 $\text{Kapasitas Kerja} = 1/0,236$
 $= 4,23 \text{ m/hari}$
7. Menghitung indeks tenaga kerja per hari (OH)
 Menghitung indeks pekerja

$$\text{Indeks Pekerja} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{kapasitas kerja} \times \text{durasi pekerjaan}} \quad (3)$$

$$\text{Indeks Pekerja} = \frac{3200}{4,23 \times 189}$$

$$= 4,00 \text{ OH}$$

Menghitung upah normal tenaga kerja/*Normal Cost*

Harga upah
 $= \text{koefisien tenaga kerja} \times \text{harga satuan upah}$

$$\begin{aligned} \text{Mandor} &= 0,0591 \times 111.00 = \text{Rp}6.555,94 \\ \text{Pekerja} &= 0,2363 \times 91.000 = \text{Rp}21.498,75 \\ \text{Operator} &= 0,1772 \times 101.000 = \text{Rp}17.895,94 \\ \text{Tukang las} &= 0,1181 \times 101.000 = \text{Rp}11.930,63 \end{aligned}$$

$$\textbf{Total Harga Upah} = \text{Rp}57.881,25$$

Normal Cost

$$\begin{aligned} &= \text{total harga upah} \times \text{volume pekerjaan} \\ &= \text{Rp}57.881,25 \times 3200 \\ &= \text{Rp}185.220.000,00 \end{aligned}$$

8. Menghitung durasi dipercepat/*Crash Duration*
 Menambah 1 Pekerja

$$\text{Crash duration} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{kapasitas kerja} \times (\text{OH}+1)} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{Crash duration} &= \frac{3200}{4,23 \times (4+1)} \\ &= 151,20 \approx 152 \text{ hari} \end{aligned}$$

Didapat durasi dipercepat sebesar 152 hari

9. Indeks Tenaga Kerja Dipercepat/*Crash Indeks Tenaga Kerja Crash*
 $= (\text{OH}+\text{penambahan}) \times \text{Crash Duration}$
 Jika dilakukan penambahan 1 pekerja, maka:
 $\text{Indeks Pekerja Crash} = (4+1) \times 152$
 $= 760 \text{ OH}$

10. Menghitung biaya percepatan/*Crash Cost*
 Upah pekerja tambahan
 $= \text{HSU} \times (\text{OH}+1) \times \text{Crash Duration}$
 $= 91.000 \times (4+1) \times 152$
 $= \text{Rp}69.160.000,00$

11. Menghitung total biaya percepatan/*Crash Cost*
 $= \text{normal cost} + \text{upah pekerja tambahan}$
 $= \text{Rp}185.220.000,00 + \text{Rp}69.160.000,00$
 $= \text{Rp}254.380.000,00$

12. Menghitung *Cost Slope*

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{Crash Cost}}{\text{Normal duration} - \text{Crash Duration}} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{Cost Slope} &= \frac{254.380.000 - 185.220.000}{189 - 152} \\ &= \text{Rp}1.869.189,19 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan optimasi dengan menggunakan alternatif yang ada serta beberapa variasi penambahan. Selanjutnya dilakukan penyusunan data baru pada program *Primavera P6*. Kemudian, dilakukan perhitungan biaya langsung dan biaya tidak langsung pada proyek untuk mendapatkan total biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek.

Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{a) Nilai RAB} &= \text{Rp}32.418.173.636,08 \\ \text{b) } Profit(10\%) &= \text{Rp}32.418.173.636,08 \times 10\% \\ &= \text{Rp}3.241.817.363,61 \\ \text{c) } Overhead(5\%) &= \text{Rp}32.418.173.636,08 \times 5\% \\ &= \text{Rp}1.620.908.681,80 \end{aligned}$$

1. Biaya Proyek pada Kondisi Normal

$$\begin{aligned} \text{a) Durasi proyek} &= 385 \text{ hari} \\ \text{b) Biaya langsung} &= \text{Rp}32.418.173.636,08 \\ \text{c) Biaya tidak langsung:} \\ \text{Overhead} &= \text{Rp}1.620.908.681,80 \\ \text{Profit} &= \text{Rp}3.241.817.363,61 \\ \text{Overhead+Profit} &= \\ &= \text{Rp}1.620.908.681,80 + \text{Rp}3.241.817.363,61 \\ &= \text{Rp}4.862.726.045,41 \\ \text{d) Biaya overhead per hari} \\ &= \text{Overhead/durasi} \\ &= \text{Rp}1.620.908.681,80 / 385 \\ &= \text{Rp}4.210.152,42 \text{ per hari} \\ \text{e) Biaya langsung + Biaya tidak langsung} \\ &= \text{Rp}32.418.173.636,08 + \text{Rp}4.862.726.045,41 \\ &= \text{Rp}37.280.899.681,49 \\ \text{f) PPN 11\%} &= 11\% \times \\ &= \text{Rp}37.280.899.681,49 \\ &= \text{Rp}4.100.898.964,96 \\ \text{g) Total biaya proyek} &= \text{Rp}41.381.798.646,46 \end{aligned}$$

Lalu, berikut merupakan contoh perhitungan total biaya proyek dengan menambah 1 jam kerja (lembur).

2. Penambahan 1 Jam Kerja

Biaya Proyek pada Kondisi Dipercepat (*Crashing*)

$$\begin{aligned} \text{a) Durasi baru hasil } crashing &= 383 \text{ hari} \\ \text{b) Durasi percepatan} &= 385 - 383 = 2 \text{ hari} \\ \text{c) Biaya langsung} &= \text{Rp}32.471.846.468,01 \\ \text{d) Biaya tidak langsung:} \\ \text{Overhead} &= \text{Durasi baru hasil } crashing \times \\ &\quad \text{Biaya Overhead per hari} \\ &= 383 \times \text{Rp}4.210.152,42 \\ &= \text{Rp}1.612.488.376,96 \end{aligned}$$

$$\text{Profit} = \text{Rp}3.241.817.363,61$$

$$\text{Overhead+Profit}$$

$$= \text{Rp}1.612.488.376,96 + \text{Rp}3.241.817.363,61$$

$$= \text{Rp}4.854.305.740,57$$

$$\text{e) Biaya langsung + Biaya tidak langsung}$$

$$= \text{Rp}32.471.846.468,01 + \text{Rp}4.854.305.740,57$$

$$= \text{Rp}37.326.152.208,58$$

$$\text{f) PPN 11\%} = 11\% \times$$

$$\text{Rp}37.326.152.208,58$$

$$= \text{Rp}4.105.876.742,94$$

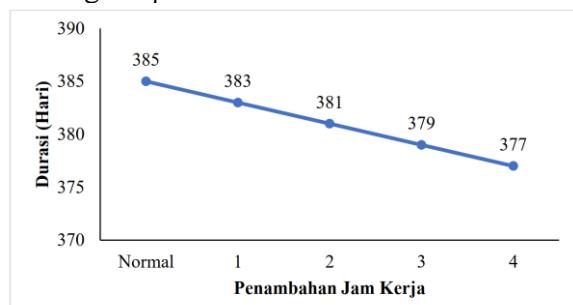
$$\text{g) Total biaya proyek} = \text{Rp}41.432.028.951,53$$

Perhitungan total biaya dengan variasi penambahan lainnya disajikan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Total Biaya Proyek pada Beberapa Kondisi

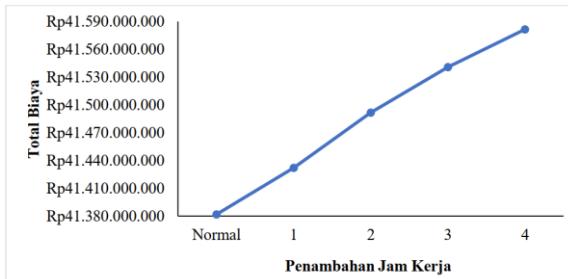
No.	Kondisi	Total Durasi (Hari)	Total Biaya (Rp)
1	Normal	385	Rp41.381.798.646,46
2	1 Jam Lembur	383	Rp41.432.028.951,53
3	2 Jam Lembur	381	Rp41.491.652.776,82
4	3 Jam Lembur	379	Rp41.540.853.029,77
5	4 Jam Lembur	377	Rp41.581.546.496,88
6	Tambah 1 Pekerja	379	Rp41.555.986.965,71
7	Tambah 2 Pekerja	375	Rp41.536.540.460,49
8	Selisih (1) dan (2)	2	Rp50.230.305,07
9	Selisih (1) dan (3)	4	Rp109.854.130,36
10	Selisih (1) dan (4)	6	Rp159.054.383,31
11	Selisih (1) dan (5)	8	Rp199.747.850,42
12	Selisih (1) dan (6)	6	Rp174.188.319,25
13	Selisih (1) dan (7)	10	Rp154.741.814,03

Grafik hubungan biaya dan waktu terhadap penggunaan alternatif, dapat dilihat pada gambar berikut ini. Gambar 1 menunjukkan bahwa penambahan jam kerja mengakibatkan durasi proyek menjadi lebih singkat atau cepat dibandingkan pada kondisi normal.



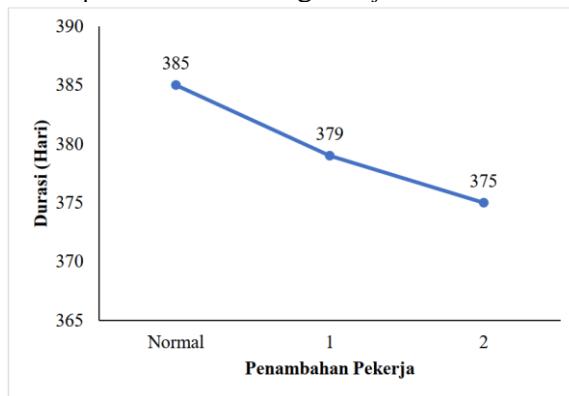
Gambar 1. Grafik Hubungan Total Durasi terhadap Penambahan Jam Kerja

Adapun Gambar 2 menunjukkan bahwa total biaya proyek semakin meningkat akibat penambahan jam kerja.



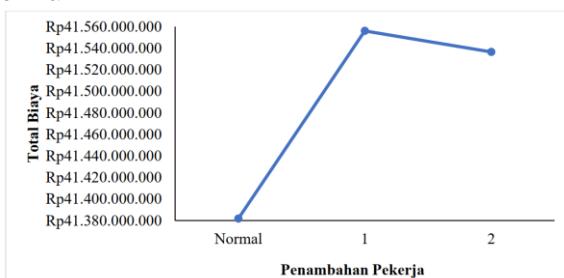
Gambar 2. Grafik Hubungan Total Biaya terhadap Penambahan Jam Kerja

Kemudian pada Gambar 3 menunjukkan bahwa durasi proyek menjadi lebih singkat akibat penambahan tenaga kerja.



Gambar 3. Grafik Hubungan Total Durasi terhadap Penambahan Tenaga Kerja

Pada Gambar 4 menunjukkan total biaya proyek menjadi lebih besar dibandingkan pada kondisi normal. Dari hasil perhitungan optimasi dengan menambah jam kerja (lembur) dan menambah tenaga kerja, ternyata pada durasi dan biaya proyek mengalami perubahan jika dibandingkan dengan durasi dan biaya awal atau normal



Gambar 4. Grafik Hubungan Total Biaya terhadap Penambahan Tenaga Kerja

, dimana terjadi percepatan durasi proyek, namun terjadi peningkatan total biaya proyek.

Selanjutnya dilakukan perhitungan efisiensi terhadap biaya dan waktu untuk memilih alternatif mana yang paling optimum. Berikut ini merupakan contoh perhitungan efisiensi total biaya dan waktu (durasi) proyek dengan menambah 1 jam kerja (lembur).

Durasi normal = 385 hari

Crash duration = 383 hari

Biaya Normal = Rp41.381.798.646,46

Crash cost = Rp41.432.028.951,53

1. Efisiensi Total Biaya Proyek (Ec)

$$Ec = \frac{\text{Biaya Normal} - \text{Crash Cost}}{\text{Biaya Normal}} \times 100\% \quad (6)$$

$$Ec = \frac{Rp41.381.798.646,46 - Rp41.432.028.951,53}{Rp41.381.798.646,46} \times 100\%$$

$$= -0,12\%$$

2. Efisiensi Waktu (Et)

$$Et = \frac{\text{Durasi Normal} - \text{Crash Duration}}{\text{Durasi Normal}} \times 100\% \quad (7)$$

$$Et = \frac{385 - 383}{385} \times 100\% = 0,52$$

Perhitungan efisiensi biaya dan waktu pada alternatif yang lain disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan Efisiensi Biaya dan Waktu

No.	Kondisi	Efisiensi Biaya	Efisiensi Waktu
1	1 Jam Lembur	-0,12%	0,52%
2	2 Jam Lembur	-0,27%	1,04%
3	3 Jam Lembur	-0,38%	1,56%
4	4 Jam Lembur	-0,48%	2,08%
5	Tambah 1 Pekerja	-0,42%	1,56%
6	Tambah 2 Pekerja	-0,37%	2,60%

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengumpulan data, analisis data, serta pembahasan terhadap analisis data, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

- Optimasi dengan menambah jam kerja dan pekerja membuat durasi proyek menjadi lebih singkat jika dibandingkan dengan kondisi awal. Setelah dilakukan optimasi dengan menambah 1 jam kerja (lembur), didapat durasi menjadi 383 hari. Optimasi dengan menambah 2 jam kerja (lembur), didapat durasi proyek menjadi 381 hari. Optimasi dengan menambah 3 jam kerja

- (lembur), didapat durasi proyek menjadi 379 hari. Optimasi dengan menambah 4 jam kerja (lembur), didapat durasi proyek menjadi 377 hari. Optimasi dengan menambah 1 pekerja, didapat durasi proyek menjadi 379 hari. Lalu, optimasi dengan menambah 2 pekerja, didapat durasi proyek menjadi 375 hari.
2. Optimasi dengan menambah jam kerja dan pekerja membuat total biaya proyek menjadi lebih besar atau meningkat jika dibandingkan dengan total biaya awal. Setelah dilakukan optimasi dengan menambah 1 jam kerja (lembur), didapat total biaya menjadi Rp41.432.028.951,53. Optimasi dengan menambah 2 jam kerja (lembur), didapat total biaya proyek menjadi Rp41.491.652.776,82. Optimasi dengan menambah 3 jam kerja (lembur), didapat total biaya proyek menjadi Rp41.540.853.029,77. Optimasi dengan menambah 4 jam kerja (lembur), didapat total biaya proyek menjadi Rp41.581.546.496,88. Optimasi dengan menambah 1 pekerja, didapat total biaya proyek menjadi Rp41.555.986.965,71. Lalu, optimasi dengan menambah 2 pekerja, didapat total biaya proyek menjadi Rp41.536.540.460,49.
 3. Alternatif optimasi yang memiliki total biaya dan durasi paling optimum atau efisien, yaitu dengan cara menambah 2 pekerja karena durasi proyek menjadi lebih cepat, walaupun terjadi penambahan biaya, penambahannya lebih optimum atau efisien jika dibandingkan alternatif yang lain, hal tersebut ditunjukkan dengan besarnya efisiensi waktu 2,60% dan efisiensi biaya sebesar -0,37%. Adapun hasil optimasi ini dapat dijadikan sebagai opsi percepatan untuk pihak proyek sehingga air bersih dapat segera didistribusikan ke masyarakat apalagi Indonesia saat ini sudah memasuki musim kemarau.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengembangan Bahasa dan Perbukuan. 2020. Pencarian - KBBI Daring. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. [Preprint]. Available at: <https://kbbi.kemdikbud.go.id/> (Accessed: 26 September 2023).
- Darmadi, A. 2021. Analisa Percepatan Durasi Dengan Metode "Time Cost Trade Off" Pada Proyek Peningkatan Jalan Bukit Seribu (Lapen-Rigid) Kota Samarinda, Kurva Mahasiswa [Preprint]. Available at: <http://ejurnal.un>tag-smd.ac.id/index.php/TEK/article/view/5331>.
- Ervianto, W.I. 2005. Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Ketiga. Manajemen Proyek Konstruksi-Edisi Revisi. Available at: http://katalog.kemdikbud.go.id/index.php?p=show_detail&id=91316.
- Fardila, D. and Robbyatul, N. 2021. Optimasi Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi dengan Lembur dan Penambahan Tenaga Kerja, 17(1). Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Himawan, A.Y. 2023. Analisis Percepatan Pada Proyek Pembangunan Gedung MTSN 4 Sragen dengan Metode Time Cost Trade Off Analysis dengan Software Primavera 6.0'. UNS (Sebelas Maret University).
- Immanuel, I. 2021. Pengoptimalisasian Waktu dan Biaya pada Proyek Pembangunan Gedung Asrama 5 Lantai Lembaga Penjaminan Mutu Pendidikan di Sumatera Barat dengan Menggunakan Aplikasi Primavera P6'. Surakarta. Available at: <https://digilib.uns.ac.id/dokumen/detail/97798/Pengoptimalisasian-Waktu-dan-Biaya-pada-Proyek-Pembangunan-Gedung-Asrama-5-Lantai-Lembaga-Penjaminan-Mutu-Pendidikan-di-Sumatera-Barat-Dengan-Menggunakan-Aplikasi-Primavera-P6>.
- Mandiyo Priyo, S.S. 2017. Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi : Studi Kasus Proyek Jalan Bugel-Galur-Poncosari Cs. Tahap I, Provinsi D.I. Yogyakarta. Semesta Teknika, 20(2), pp. 172–186.
- Messah, Y.A., Berelaku, D.C.S. and Ramang, R. 2023. Perbandingan penambahan waktu kerja dan penambahan tenaga kerja terhadap biaya pelaksanaan proyek. Jurnal Teknik Sipil, 12(2), pp. 215–228. Available at: <https://sipil.ejurnal.web.id/index.php/jts/article/view/869/402>.
- Republik Indonesia, P. 2021. Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2021 Tentang Perjanjian Kerja Waktu Tertentu, Alih Daya, Waktu Kerja dan Waktu Istirahat, dan Pemutusan Hubungan Kerja [Government Regulation Number 35 of 2021 concerning Work Agreements for Certain Time, Outsourcing, W. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2021, (086142), p. 42. Available at:

- [https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/161904/pp-no-35-tahun-2021.](https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/161904/pp-no-35-tahun-2021)
- Rudianto, A. and Munasih. 2020. Analisa Percepatan Waktu Pelaksanaan Proyek Dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) Studi Kasus : Proyek Pembangunan Intergrated Laboratory For Health Science Di Kabupaten Jember. Student Journal GELAGAR, 2(2), pp. 217–223.
- Saragi, T.E. 2022. Optimasi Waktu Dan Biaya Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Dengan Alternatif Penambahan Tenaga Kerja Dan Jam Kerja (Lembur) (Studi Kasus : Pembangunan Gedung Convention Hall Kab. Deli Serdang). Construct: Jurnal Teknik Sipil, 1(2), pp. 53–69. Available at: <http://repository.uhn.ac.id/handle/123456789/6146>.
- Soeharto, I. 1999. Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional). 2nd edn. Jakarta: Erlangga. Available at: [https://doi.org/10.3938/jkps.60.674.](https://doi.org/10.3938/jkps.60.674)
- Sugiyanto. 2020. Manajemen Pengendalian Proyek (Perubahan Paradigma dalam Menghadapi Belenggu Tugas Akhir). Pertama. Edited by Sugiyanto. Tuban: Scopindo Media Pustaka.
- Widodo, S. dkk. 2023. Optimalisasi Biaya dan Waktu Pekerjaan Perumahan Griya Pekerja Sejahtera. Konstruksia, 15(1), p. 27. Available at: <https://doi.org/10.24853/jk.15.1.27-33>.
- Wirawan, I.P.A.P., Muka, I.W. and Indriani, M.N. 2020. Optimalisasi Biaya Dan Waktu Pada Proyek Kontruksi Pembangunan Gedung Dengan Metode Time Cost Trade Off. Teknik Sipil, 013(01), pp. 36–45.