

# ANALISIS PERCEPATAN PROYEK MENGGUNAKAN METODE TIME COST TRADE OFF DENGAN PENAMBAHAN JAM KERJA DAN TENAGA KERJA

Studi Kasus: Pembangunan PKL Higienis Kementerian PUPR

*(Analysis Of Project Acceleration Using The Time Cost Trade Off Methode With Additional Hours Work And Manpower (Case Study: Construction Of The PKL Hygienic At The Ministry Of Public Works And Public Housing))*

Vinny Aviyani<sup>1</sup> Akhmad Dofir<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

E-mail: [vinnyaviyani26@gmail.com](mailto:vinnyaviyani26@gmail.com)

Diterima 15 September 2021, Disetujui 25 November 2021

## ABSTRAK

Proyek Pembangunan PKL Higienis Kementerian PUPR mengalami kendala di lapangan sehingga menyebabkan terjadinya keterlambatan pekerjaan. Sehubungan dengan hal tersebut, maka dibutuhkan peran manajemen konstruksi dalam rangka pengawasan proyek agar tercapainya hasil yang maksimal. Langkah yang dilakukan yaitu dengan merencanakan dan menganalisis estimasi waktu dan rencana anggaran biaya proyek konstruksi pada pekerjaan struktur dengan penambahan jam kerja dan tenaga kerja menggunakan metode *time cost trade off* agar pembangunan proyek tersebut dapat selesai tepat waktu. Hasil dari analisis didapatkan adalah estimasi waktu pelaksanaan proyek dengan metode *Time Cost Trade Off* adalah 155 hari kalender, lebih cepat 7 hari kalender dari normal duration (162 hari kalender). Biaya yang timbul akibat penambahan jam kerja yaitu Rp.6.729.001.682,- lebih besar Rp.822.324.128,- dari normal cost (Rp.5.906.677.554,-) dan biaya yang timbul akibat penambahan tenaga kerja yaitu Rp.5.936.467.971,- lebih besar Rp.29.790.417,- dari normal cost (Rp.5.906.677.554,-).

**Kata kunci:** *Pembangunan PKL Higienis, metode time cost trade off, crash cost, normal cost*

## ABSTRACT

*Construction Project of the PKL Hygienic at the Ministry of Public Works and Public Housing experienced problems in the field, causing delays in work. In this regard, the role of construction management is needed in the context of project supervision in order to achieve maximum results. The steps taken are to plan and analyze the estimated time and budget plan for construction projects on structural works with additional working hours and labor using time cost trade off methode so that the project construction can be completed on time. The result of the analysis is that the estimated time for project implementation using the Time Cost Trade Off method is 155 calendar days, 7 calendar days faster than the normal duration (162 calendar days). Costs incurred due to additional working hours are Rp.6.729.001.682,- is bigger Rp.822.324.128,- than normal cost (Rp.5.906.677.554,-) and costs incurred due to additional labor are Rp.5.936.467.971,- is bigger Rp.29.790.417,- than normal cost (Rp.5.906.677.554,-).*

**Keywords:** *Hygienic PKL Project, time cost trade off method, crash cost, normal cost.*

**PENDAHULUAN**

Tujuan akhir dari sebuah proyek pembangunan adalah terciptanya bangunan sesuai dengan yang diinginkan mutu dan bentuknya, tepat waktu yang dijadwalkan, dan sesuai atau tidak terlampaui jauh dari biaya yang di anggarkan. Pada studi kasus Pembangunan PKL Higienis Kementerian PUPR, pembangunan proyek mengalami kendala di lapangan sehingga menyebabkan adanya keterlambatan pekerjaan. mencari solusi atas hal tersebut perlu dilakukan analisis percepatan pelaksanaan pada pekerjaan struktur dengan penambahan jam kerja dan tenaga kerja menggunakan metode *time cost trade off* agar pembangunan proyek tersebut dapat selesai tepat waktu.

**Pengertian Proyek**

Menurut definisi dalam buku Panduan PMBOK (A Guide to the Project Management Body of Knowledge, 2013) definisi proyek adalah "suatu usaha sementara yang dilaksanakan untuk menghasilkan suatu produk atau jasa yang unik". Sementara diartikan bahwa setiap proyek memiliki tanggal mulai dan selesai yang tertentu. Sedangkan unik berarti produk atau jasa yang dihasilkan adalah berbeda dari produk atau jasa sejenis lainnya, tidak ada dua proyek yang 100% sama. Dengan kata lain, setiap proyek harus memiliki awal (*start*) dan akhir (*finish*) yang jelas [1].

**Biaya Proyek**

Biaya proyek terdiri dari dua jenis diantaranya:

- a. Biaya langsung (*direct cost*)  
Biaya langsung adalah seluruh biaya yang berkaitan langsung dengan fisik proyek, yaitu meliputi seluruh biaya dari kegiatan yang dilakukan diproyek (dari persiapan hingga penyelesaian) dan biaya mendatangkan seluruh sumber daya yang diperlukan oleh proyek tersebut. Secara garis besar, biaya langsung pada proyek konstruksi dibagi menjadi lima antara lain [2]: Biaya bahan dan material, biaya upah kerja, biaya alat, biaya subkontraktor, biaya lain-lain.
- b. Biaya tidak langsung (*indirect cost*)  
Biaya tidak langsung adalah seluruh biaya yang terkait secara tidak langsung, yang dibebankan kepada proyek. Biaya ini biasanya terjadi diluar proyek namun harus ada dan tidak dapat dilepaskan dari proyek tersebut. Adapun biaya tidak langsung tersebut meliputi [2]: Biaya pemasaran, biaya overhead, biaya tak terduga, keuntungan kontraktor, pajak.

**Penjadwalan Proyek**

Penjadwalan atau *scheduling* adalah kegiatan untuk menentukan waktu yang dibutuhkan dan urutan kegiatan serta menentukan waktu proyek dapat diselesaikan dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada. Berikut adalah beberapa metode penjadwalan proyek yang dapat digunakan untuk mengelola waktu dan sumber daya proyek:

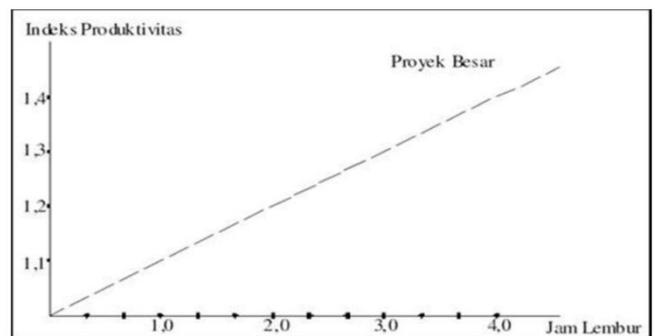
- a. *Barchart*  
*Barchart* adalah diagram batang yang terdiri atas sumbu y (vertikal) yang menyatakan kegiatan atau item pekerjaan dari lingkup proyek, dan sumbu x (horizontal) yang menunjukkan skala waktu.

- b. Kurva S  
Kurva S merupakan grafik yang dapat menggambarkan kemajuan kerja kumulatif suatu proyek, sumbu horizontal menunjukkan waktu dan sumbu vertikal menunjukkan presentase kemajuan proyek. Perbandingan kurva S rencana dengan kurva S aktual memungkinkan dapat diketahuinya kemajuan pelaksanaan proyek apakah sesuai, lambat, ataupun lebih dari yang direncanakan.
- c. *Network Planning*  
Merupakan model instrumen pengukuran jadwal proyek dengan menggunakan logika jaringan kerja untuk mendeteksi item pekerjaan yang berada pada jalur kritis maupun untuk mengetahui waktu detail pekerjaan yaitu dapat menentukan waktu yang paling cepat (*Early Time*) dan waktu paling lama (*Latest Time*) untuk dikerjakan dan waktu selesainya pada setiap item pekerjaan yang akan dilaksanakan.

**Percepatan Waktu Pelaksanaan Proyek**

Terdapat empat faktor yang dapat dioptimumkan untuk melaksanakan percepatan pada suatu aktivitas pelaksanaan proyek yaitu meliputi penambahan jam kerja, penambahan jumlah tenaga kerja, penggunaan peralatan alat berat dan pengubahan metode konstruksi di lapangan [3]. Sesuai dengan batasan masalah pada penelitian ini, penulis hanya akan menganalisa dengan penambahan tenaga kerja dan jam kerja.

- a. Penambahan jam kerja  
Penambahan jam kerja bertujuan untuk memperbesar produksi selama satu hari sehingga penyelesaian pada saat melakukan penambahan jam kerja perlu memperhatikan lamanya waktu bekerja seseorang. Produktivitas pekerja akan menurun 0,1 dan prestasi kerja akan menurun 10 % setiap bertambah satu jam lembur. Adapun nilai penurunan produktivitas khususnya untuk kerja lembur dengan sumber daya manusia yang sama dapat dilihat pada Gambar 1.

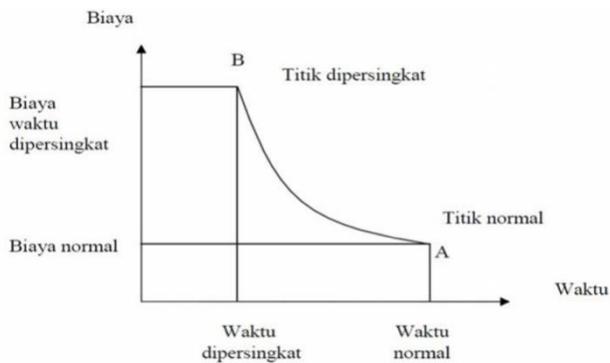


**Gambar 1.** Grafik Indikasi Menurunnya Produktivitas Karena Penambahan Jam Kerja

- b. Penambahan tenaga kerja  
Penambahan tenaga kerja yang dimaksud adalah penambahan jumlah pekerja dalam satu unit pekerja untuk melaksanakan suatu kegiatan tanpa menambah jam kerja. Namun penambahan tenaga kerja yang optimum akan meningkatkan produktivitas kerja karena terlalu sempitnya lahan untuk bekerja [4].

**Hubungan Waktu Dan Biaya**

Seringkali dalam crashing terjadi *trade-off*, yaitu pertukaran waktu dengan biaya, dengan menggunakan *crash scedhule* akan menyebabkan biaya yang lebih besar dibandingkan dengan *normal scedhule*. Hal ini dapat digambarkan dalam bentuk grafik hubungan antara waktu dan biaya seperti pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik Hubungan Waktu-Biaya Normal [5]

Dalam crashing, terdapat dua komponen waktu, yaitu [6]:

- Waktu Normal (*Normal Duration*), yaitu penyelesaian aktivitas dalam kondisi normal;
- Waktu Akselerasi (*Crash Duration*), yaitu waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan aktivitas dengan rumus:

$$Crash\ Duration = \frac{Volume\ Pekerjaan}{Produktivitas\ Harian\ Sesudah\ Crash} \dots\dots\dots(1)$$

Dari dua komponen tersebut dapat diperoleh Total Waktu Akselerasi dengan persamaan:

$$Crash\ duration\ total = Normal\ duration - crash\ duration \dots\dots\dots(2)$$

Sedangkan untuk komponen biaya terbagi atas tiga jenis, yaitu:

- a. Biaya Nornal (*Normal Cost*), yaitu biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas
- b. Biaya Akselerasi (*Crash Cost*), yaitu biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pelaksanaan proyek pada kondisi waktu terpendek yang paling memungkinkan. Biaya ini mimacu pekerjaan lebih cepat selesai. Dari dua komponen tersebut dapat diperoleh Total Biaya Akselerasi dengan persamaan:

$$Crash\ Cost\ Total = Crash\ Cost + Normal\ Cost \dots\dots\dots(3)$$

- c. Biaya Akselerasi per Unit Waktu (*Cost Slope*), yaitu biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi waktu terpendek dalam satuan waktu terkecil yang ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$Biaya\ akselerasi\ per\ unit\ waktu\ (cost\ slope) = \frac{Total\ crash}{Total\ crash\ duration} \dots\dots\dots(4)$$

**Time Cost Trade Off**

*Time cost trade off* adalah suatu proses yang disengaja, sistematis, dan analitis dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. Selanjutnya melakukan kompresi dimulai dari lintasan kritis yang mempunyai nilai *cost slope* terendah [7]. *Time cost trade off* merupakan kompresi jadwal untuk mendapatkan proyek yang lebih efektif dari segi waktu, dan efisien dari segi biaya. Tujuannya adalah menempatkan proyek dengan durasi yang dapat diterima dan meminimalisasi biaya total proyek [7].

Berikut adalah langkah-langkah untuk melakukan metode *time cost trade off* pada skenario 1 yaitu dengan penambahan jam kerja:

- a. Menghitung waktu penyelesaian proyek dan mengidentifikasi float dengan memakai kurun waktu normal;
- b. Menghitung volume pekerjaan pada masing-masing item pekerjaan yang akan dipercepat waktu pelaksanaannya;
- c. Menentukan jam lembur kerja;
- d. Menghitung produktivitas harian normal dengan rumus sebagai berikut:

$$Produktivitas\ harian = \frac{volume\ pekerjaan}{Durasi\ pekerjaan} \dots\dots\dots(5)$$

- e. Menghitung produktivitas per jam dengan rumus sebagai berikut:

$$Produktivitas\ Per\ Jam = \frac{Produktivitas\ harian}{8\ jam} \dots\dots\dots(6)$$

- f. Menghitung produktivitas harian sesudah crash dengan rumus sebagai berikut:

$$Produktivitas\ harian\ sesudah\ crash = (8\ jam \times produktivitas\ per\ jam) + (penurunan\ prestasi\ kerja \times produksi\ per\ jam) \dots\dots\dots(7)$$

- g. Menghitung *crash duration* dengan persamaan 1;
- h. Menghitung *crash duration* total dengan persamaan persamaan 2;
- i. Menghitung *normal cost* pada masing-masing item pekerjaan;
- j. Menghitung *crash cost* pada masing-masing item pekerjaan;
- k. Menghitung *crash cost* total dengan persamaan persamaan 3.
- l. Menghitung *cost slope* pada masing-masing item pekerjaan;
- m. Menghitung efisiensi biaya pada masing-masing item pekerjaan;
- n. Masukkan hasil perhitungan pada grafik perbandingan antara *normal cost* dengan *crash cost*.

Berikut ini merupakan langkah-langkah untuk melakukan metode *time cost trade off* pada skenario 2 yaitu dengan penambahan tenaga kerja:

- a. Menghitung jumlah tenaga kerja pada masing-masing item pekerjaan sebelum *crash* (Kondisi Normal) dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \frac{\text{Koef.tenaga kerja} \times \text{volume pekerjaan}}{\text{Durasi normal pekerjaan}} \dots(8)$$

- b. Menentukan biaya upah pekerja pada masing-masing item pekerjaan sebelum crash (kondisi normal);
- c. Jumlah tenaga kerja dan biaya upah pekerja sesudah crash dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \frac{\text{Koef.tenaga kerja} \times \text{volume pekerjaan}}{\text{Durasi pekerjaan sesudah crash}} \dots(9)$$

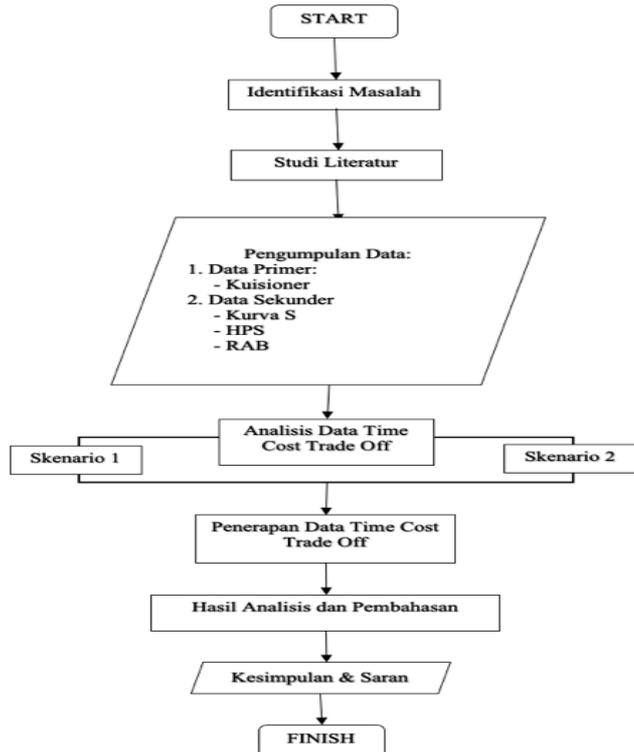
- d. Menentukan biaya upah pekerja pada masing-masing item pekerjaan sesudah *crash*;
- e. Menghitung *crash cost* total dengan persamaan persamaan 3;
- f. Menghitung *cost slope* pada masing-masing item pekerjaan;
- g. Menghitung efisiensi biaya pada masing-masing item pekerjaan;
- h. Masukan hasil perhitungan pada grafik perbandingan antara normal cost dengan *crash cost*.

**METODE**

Metode Pengumpulan Data Data yang digunakan adalah:

- a. Data primer berupa wawancara dengan pihak pelaksana proyek;
- b. Data sekunder berupa kurva S, RAB, daftar harga satuan pekerja.

Tahapan proses yang akan dilakukan dalam pengamatan ini digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut:



**Gambar 3.** Diagram Alir Penelitian

**HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Adapun koefisien dari tenaga kerja mengacu pada Permen PUPR No. 28 Tahun 2016 sedangkan untuk nilai

harga satuan pekerja mengacu pada Pergub DKI No. 10 Tahun 2020. Berikut adalah tabel koefisien upah dan tenaga kerja.

**Tabel 1.** Daftar Koefisien Tenaga Kerja

No	Tenaga kerja	Sat.	Koef. Tenaga kerja			Koef. Tenaga kerja		
			Pek. Beton (m <sup>3</sup> )	Pek. Pembesian (kg)	Pek. Bekisting (m <sup>2</sup> )	Pek. Beton (Rp.)	Pek. Pembesian (Rp.)	Pek. Bekisting (Rp.)
1	Pekerja OH		1,65	0,03	0,66	174.748	174.748	174.748
2	Tukang OH		0,275	0,03	0,33	183.834	183.834	183.834
3	Kepala tukang		0,028	0,02	0,033	199.782	199.782	199.782
4	Mandor OH		0,083	0,005	0,033	211.379	211.379	211.379

Sedangkan untuk *normal cost* pada item pekerjaan struktur bawah dan struktur atas dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 2.** *Crash Cost* Total Kondisi Normal Pada Pekerjaan Struktur Bawah

No	Uraian Pekerjaan	Sat.	Vol.	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah (Rp.)
1	Pek. tanah	Ls	1	159.176.781	159.176.781
2	Pek. Lantai kerja	Ls	1	27.177.198	27.177.198
3	Pek. Beton	Ls	1	295.436.964	295.436.964
4	Pek. Pembesian	Ls	1	707.247.956	707.247.956
5	Pek. Bekisting	Ls	1	72.291.653	72.291.653
6	Pek. Lain-lain	Ls	1	473.278.280	473.278.280
Sub total Pek. Struktur Bawah (A)					1.734.618.832

**Tabel 3.** *Crash Cost* Total Kondisi Normal Pada Pekerjaan Struktur Atas

No	Uraian Pekerjaan	Sat.	Vol.	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah (Rp.)
1	Pek. Beton	Ls	1	508.591.607	508.591.607
2	Pek. Pembesian	Ls	1	1.191.956.762	1.191.956.762
3	Pek. Bekisting	Ls	1	508.255.127	508.255.127
4	Pek. Rangka atap baja	Ls	1	1.437.215.697	1.437.215.697
5	Pek. Baja profil jembatan	Ls	1	428.381.041	428.381.041
6	Pek. Lain-lain	Ls	1	97.668.487	97.668.487
Sub total Pek. Struktur Atas (A)					4.172.068.722

**Penambahan Jam Kerja (Skenario 1)**

Salah satu strategi yang dapat dilakukan untuk mempercepat pelaksanaan proyek adalah dengan cara penambahan jam kerja. Waktu kerja normal para pekerja adalah 8 jam. Pada skenario 1 ini dilakukan dengan memberikan penambahan 4 jam kerja lembur dengan perhitungan penambahan upah pekerja tiap jam mengacu pada Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pada pasal 11 ayat 1 bahwa untuk jam kerja lembur pertama harus dibayar upah sebesar 1,5 (satu setengah) kali upah sejam (waktu normal), dan untuk setiap jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah sebesar 2 (dua) kali upah

sejam (waktu normal). Berikut adalah tabel hasil rekapitulasi hitungan *crash cost* upah pekerja per hari pada pekerjaan struktur bawah dan struktur atas:

**Tabel 4.** *Crash Cost* Upah Pekerja Per Hari Pada Pekerjaan Struktur Bawah

No	Uraian Pek.	Vol. (org)	Crash Duration (hari)	Total Upah Lembur 4 jam	Total Penambahan Uoah Lembur
1	Pekerjaan Beton				
	- Pekerja	12	41	270.313,31	132.94.419,75
	- Tukang	2	41	47.394,70	3.886.365,66
	- Kepala Tukang	1	41	5.244,28	215.015,38
	- Mandor	1	41	16.447,93	674.365,07
2	Pekerjaan Pembesian				
	- Pekerja	35	41	4.914,79	7.052.720,06
	- Tukang	35	41	5.170,33	7.419.425,34
	- Kepala Tukang	23	41	3.745,91	3.532.395,49
	- Mandor	6	41	990,84	243.746,41
3	Pekerjaan Bekisting				
	- Pekerja	11	41	108.125,33	48.764.521,58
	- Tukang	6	41	56.873,64	13.990.916,36
	- Kepala Tukang	1	41	6.180,76	253.410,98
	- Mandor	1	41	6.539,54	268.121,05
	Total <i>Crash Cost</i> 219.295.153,12				

**Tabel 5.** *Crash Cost* Upah Pekerja Per Hari Pada Pekerjaan Struktur Atas

No	Uraian Pek.	Vol. (org)	Crash Duration (hari)	Total Upah Lembur 4 jam	Total Penambahan Uoah Lembur
1	Pekerjaan Beton				
	- Pekerja	7	114	270.313,31	215.710.023,38
	- Tukang	2	114	47.394,70	10.805.992,31
	- Kepala Tukang	1	114	5.244,28	597.847,64
	- Mandor	1	114	16.447,93	1.875.063,84
2	Pekerjaan Pembesian				
	- Pekerja	30	114	4.914,79	15.900.001,72
	- Tukang	30	114	5.170,33	16.726.720,29
	- Kepala Tukang	20	114	3.745,91	7.857.426,06
	- Mandor	5	114	990,84	484.095,66
3	Pekerjaan Bekisting				
	- Pekerja	21	114	108.125,33	258.852.028,05
	- Tukang	11	114	56.873,64	71.319.549,26
	- Kepala Tukang	2	114	6.180,76	1.409.212,28
	- Mandor	2	114	6.539,54	1.491.041,62
	Total <i>Crash Cost</i> 603.028.975,11				

Sehingga total *crash cost* untuk pekerjaan struktur bawah:

Total = Total *crash cost* upah struktur bawah + A  
*crash* = Rp.219.295.153,12 + Rp.1.734.608.832,-

**Tabel 6.** Total Jumlah Tenaga Kerja dan Biaya Per Hari

No.	Item pek.	Vol. Pek.	Sat.	Jumlah tenaga kerja		Biaya per hari (Rp.)		Durasi waktu		
				Tenaga kerja	Sebelum crash	Sesudah crash	Sebelum crash	Sesudah crash	Sebelum crash	Sesudah crash
1	Struktur Bawah									
	Pek. Beton	302,9853	m <sup>3</sup>	Pekerja	12	13	3.460.010,00	3.748.345,00	43	41
				Tukang	2	3	101.109,00	151.663,00	43	41

*cost* = Rp.1.953.903.985,-

Sedangkan total *crash cost* untuk pekerjaan struktur atas:

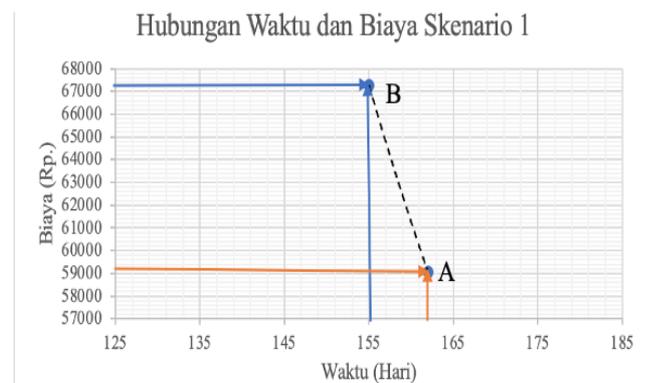
Total = Total *Crash Cost* upah struktur atas + B  
*crash* = Rp.603.028.975,11,- + Rp.4.172.068.722,-  
*cost* = Rp.4.775.097.697,-

Total *Crash Cost* Pekerjaan Struktur Bawah dan atas adalah Rp. 6.729.001.682.



**Gambar 4.** *Crash Cost* Penambahan Jam Kerja (Skenario 1)

Sehingga didapat nilai *Cost Slope* atau tambahan biaya langsung yang digunakan untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi waktu terpendek dalam satuan waktu terkecil dengan skenario 1 sebesar Rp.117.474.875,-. Serta grafik hubungan waktu dan biaya pada skenario 1 dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.



**Gambar 5.** Hubungan Waktu dan Biaya Skenario 1

**Penambahan Tenaga Kerja (Skenario 2)**

Strategi lain yang dapat dilakukan untuk mempercepat pelaksanaan proyek adalah dengan cara penambahan tenaga kerja, dengan terlebih dahulu menghitung durasi waktu pekerjaan menggunakan hasil perhitungan *crash duration* pada skenario 1.

No.	Item pek.	Vol. Pek.	Sat.	Jumlah tenaga kerja		Biaya per hari (Rp.)		Durasi waktu		
				Tenaga kerja	Sebelum crash	Sesudah crash	Sebelum crash	Sesudah crash	Sebelum crash	Sesudah crash
				Kepala Tukang	1	1	5.594,00	5.594,00	43	41
				Mandor	1	1	17.544,00	17.544,00	43	41
	Pek. Pembesian	4910,60	kg	Pekerja	35	36	183.485,4	188.728,00	43	41
				Tukang	35	36	193.025,7	198.541,00	43	41
				Kepala Tukang	23	24	91.899,7	95.895,00	43	41
				Mandor	6	6	6.341,4	6.341,00	43	41
	Pek. Bekisting	659,26	m <sup>2</sup>	Pekerja	11	12	1.268.670,5	1.384.004,00	43	41
				Tukang	6	7	363.991,3	424.657,00	43	41
				Kepala Tukang	1	1	6.592,8	6.593,00	43	41
				Mandor	1	1	6.975,5	6.976,00	43	41
				Total			5.705.240	6.234.880		
2	Struktur Atas									
	Pek. Beton		m <sup>3</sup>	Pekerja	7	8	2.018.339,40	2.306.674,00	119	114
				Tukang	2	2	101.108,70	101.100	119	114
				Kepala Tukang	1	1	5.593,90	5.594,00	119	114
				Mandor	1	1	17.544,46	17.544,00	119	114
	Pek. Pembesian		kg	Pekerja	30	31	157.273,20	162.516,00	119	114
				Tukang	30	31	165.450,60	170.996,00	119	114
				Kepala Tukang	20	21	79.912,80	83.908,00	119	114
				Mandor	5	6	5.284,48	6.341,00	119	114
	Pek. Bekisting		m <sup>3</sup>	Pekerja	21	22	2.422.007,28	2.537.41,00	119	114
				Tukang	11	11	667.317,42	667.317,00	119	114
				Kepala Tukang	2	2	13.185,61	13.185,61	119	114
				Mandor	2	2	13.951,01	13.951,01	119	114
				Total			5.666.969	6.086.447		

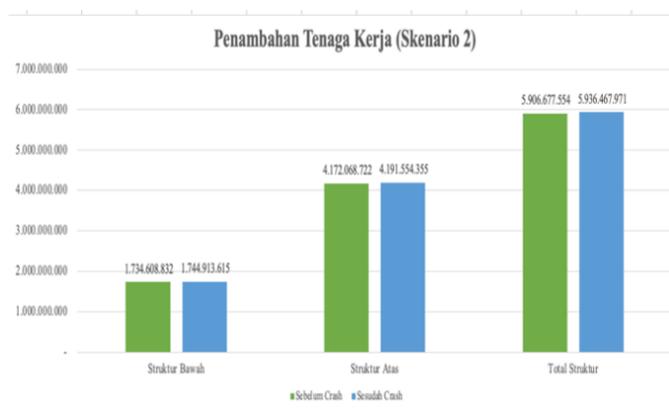
Sehingga total crash cost untuk pekerjaan struktur bawah:

$$\begin{aligned} \text{Total} &= \text{Total crash cost upah struktur bawah} + A \\ \text{crash} &= (\text{Rp.5.705.240} \times 43 - \text{Rp.6.234.880} \times 41 + \\ \text{cost} &\quad \text{Rp.1.734.608.832,-}) \\ &= \text{Rp.1.744.913.615,-} \end{aligned}$$

Sedangkan total crash cost untuk pekerjaan struktur atas:

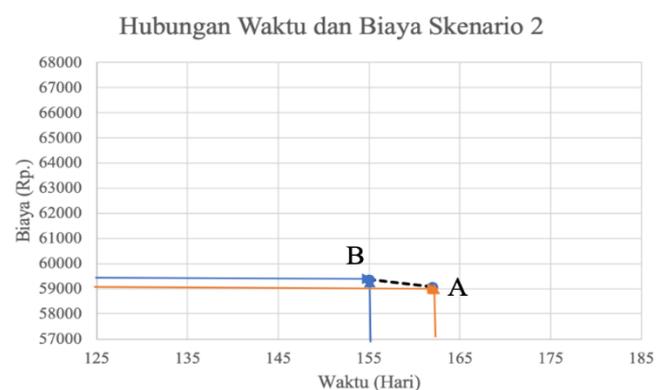
$$\begin{aligned} \text{Total} &= \text{Total crash cost upah struktur atas} + B \\ \text{crash} &= ((\text{Rp.5.666.969} \times 43) - (\text{6.086.447} \times 41) + \\ \text{cost} &\quad \text{Rp.4.172.068.722,-}) \\ &= \text{Rp.4.191.554.355,-} \end{aligned}$$

Total Crash Cost Pekerjaan Struktur Bawah dan atas adalah Rp.5.936.467.971,-



Gambar 6. Crash Cost Penambahan Tenaga Kerja (Skenario 2)

Sehingga didapat nilai Cost Slope atau tambahan biaya langsung yang digunakan untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi waktu terpendek dalam satuan waktu terkecil dengan skenario 2 sebesar Rp.4.255.774,-. Serta grafik hubungan waktu dan biaya pada skenario 2 dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Hubungan Waktu dan Biaya Skenario 2

Tabel 7. Rekap Hasil Analisis Data

Skenario	1	2
Metode analisis	Penambahan jam kerja selama 4 jam	Penambahan tenaga kerja
Normal Duration (Hari)	162	162

Skenario	1	2
Crash Duration (Hari)	155	155
Normal Cost (Rp.)	5.906.677.554	5.906.677.554
Crash Cost (Rp.)	6.729.001.682	5.936.467.971
Efisiensi Waktu (%)	+4,32	+4,32
Efisiensi Biaya (%)	-13,92%	-0,504%
Cost Slope (Rp.)	117.474.875	4.255.774

Dapat dilihat pada Tabel 7 di atas bahwa dengan perhitungan menggunakan metode *time cost trade off* didapat *over cost* pada masing-masing skenario sebesar: Skenario 1

$$\begin{aligned}
 \text{Over cost} &= \left( \frac{\text{Rp.}5.906.677.554 - \text{Rp.}6.729.001.682}{\text{Rp.}5.906.677.554} \right) \times 100\% \\
 &= \left( \frac{-\text{Rp.}822.234.128}{\text{Rp.}5.906.677.554} \right) \times 100\% = -13,922\%
 \end{aligned}$$

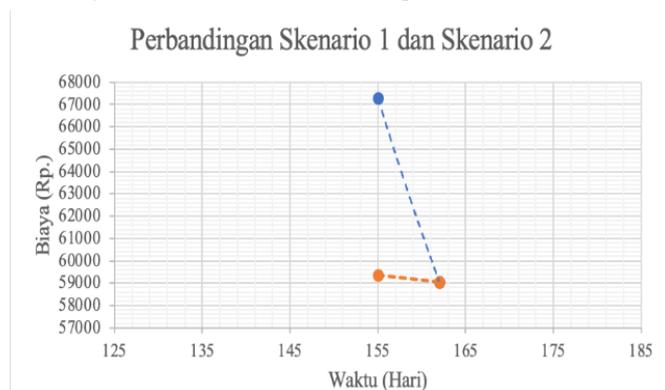
Sehingga nilai *over cost* pada skenario 1 sebesar Rp.822.234.128 atau nilai efisiensi biayanya adalah -13,922%.

Skenario 2

$$\begin{aligned}
 \text{Over cost} &= \left( \frac{\text{Rp.}5.906.677.554 - \text{Rp.}5.936.467.971}{\text{Rp.}5.906.677.554} \right) \times 100\% \\
 &= \left( \frac{-\text{Rp.}29.790.417}{\text{Rp.}5.906.677.554} \right) \times 100\% = -0,504\%
 \end{aligned}$$

Sehingga nilai *over cost* pada skenario 2 sebesar Rp.29.790.417 atau nilai efisiensi biayanya adalah -0,504%.

Berikut merupakan perbandingan hubungan waktu dan biaya antara skenario 1 dan 2 pada Gambar. 8.



Gambar 8. Perbandingan Skenario 1 dan Skenario 2

**KESIMPULAN**

Dari hasil analisis dan pembahasan dalam penelitiannya dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Estimasi waktu pelaksanaan proyek dengan metode *Time Cost Trade Off* adalah 155 hari kalender, lebih cepat 7 hari kalender atau 4,32% dari *normal duration* (162 hari kalender).
2. Biaya yang timbul akibat penambahan jam kerja yaitu Rp.6.729.001.682,- lebih besar 13,92% dari *normal cost* (Rp.5.906.677.554,-) dan biaya yang timbul akibat penambahan tenaga kerja yaitu Rp.5.936.467.971,- lebih besar 0,504% dari *normal cost* (Rp.5.906.677.554,-).

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Ervianto, Teori Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi, Yogyakarta: CV. Andi Offset. 2004.
- [2] Frederika, A., Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah Jam Kerja Optimum pada Proyek Konstruksi, Universitas Udayana: Denpasar, 2010.
- [3] Rachman, Taufiqur. Riset Operasional, DKI Jakarta: Universitas Esa Unggul. 2015.
- [4] Santosa, B., Manajemen Proyek. Konsep & Implementasi, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.
- [5] Setyorini, Wiharjo, Optimasi Waktu dan Biaya dengan Precedence Diagram Method pada Proyek Solo Grand Mall, Semarang: Skripsi, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, 2005.
- [6] Soeharto, I, Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional (Edisi 2), Jakarta: Erlangga, 1999.
- [7] Widyatmoko, Yurry, Analisis Percepatan Waktu Menggunakan Metode Crashing pada Kegiatan Pemancangan di Proyek Dermaga 115 Tanjung Priok dengan Aplikasi Program PERT Master, Jakarta: Universitas Indonesia, 2008