

TIME COST TRADE OFF ANALYSIS UNTUK PENGOPTIMALAN WAKTU DAN BIAYA PADA PROYEK PEMBANGUNAN WTP DI DESA PULAU PINANG KEC. KEMBANG JANGGUT KAB. KUTAI KARTANEGARA

Dean Mangasi Akiraka Hutajulu¹, Mardewi Jamal¹, Dharwati P. Sari²

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda

²Program Studi Arsitektur, Universitas Mulawarman, Samarinda

Email: deandiva74@gmail.com

Abstrak

Proyek merupakan suatu usaha atau aktivitas yang kompleks, tidak rutin, dibatasi oleh waktu, anggaran, *resources*, dan spesifikasi performansi yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Proyek pembangunan *Water Treatment Plant* (WTP) tepatnya di Desa Pulau Pinang kapasitas 50L/SPAM mempengaruhi akses di bawah jalanan umum. Oleh karena itu, penelitian ini dilaksanakan untuk mempercepat waktu proyek dengan metode *Time Cost Trade Off Analysis* (TCTO). TCTO adalah metode analisis yang digunakan untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek dengan cara kompresi jadwal untuk mendapatkan proyek yang lebih menguntungkan dari segi waktu (durasi), dan biaya. Analisis TCTO menggunakan metode *Crashing* yang dibantu *software Microsoft Project 2016*. Hasil penelitian menunjukkan waktu normal untuk menyelesaikan proyek adalah 180 hari, kemudian setelah dilakukan percepatan dengan waktu *Crashing* minimal waktu penyelesaian proyek menjadi 147 hari, sedangkan percepatan dengan waktu *Crashing* maksimal penyelesaian proyek menjadi 140 hari. Alternatif perbaikan berdasarkan *hotspot* kritis penelitian ini menggunakan *Crashing* maksimal. Hal ini dibuktikan dengan besaran efisiensi penurunan total biaya proyek secara keseluruhan sebesar 0,36% yaitu Rp 26.709.375,38 dan besaran efisiensi penurunan total waktu proyek secara keseluruhan sebesar 22,2% yaitu sebanyak 40 hari.

Abstract

A project is a business or activity that is complex, non-routine, limited by time, budget, resources and performance specifications designed to meet consumer needs. The Water Treatment Plant (WTP) construction project in Pulau Pinang Village with a capacity of 50L/SPAM affects access under public roads. Therefore, this research was carried out to speed up project time using the Time Cost Trade Off Analysis (TCTO) method. TCTO is an analysis method used to speed up project completion time by compressing the schedule to get a project that is more profitable in terms of time (duration) and cost. TCTO analysis uses the Crashing method assisted by Microsoft Project 2016 software. The research results show that the normal time to complete a project is 180 days, then after accelerating with a Crashing time the minimum project completion time becomes 147 days, while accelerating with a Crashing time the maximum project completion becomes 140 days. Alternative improvements based on critical hotspots in this research use maximum crashing. This is evidenced by the efficiency of reducing the total project cost as a whole by 0.36%, namely IDR 26,709,375.38 and the efficiency of reducing the total project time as a whole by 22.2%, namely 40 days.

1. Pendahuluan

Proyek pada umumnya memiliki batas waktu (*deadline*), artinya proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang ditentukan. Berkaitan dengan masalah pada proyek maka keberhasilan pelaksanaan sebuah proyek, tepat pada waktunya merupakan tujuan yang penting baik bagi pemilik proyek maupun kontraktor. Pada pelaksanaan proyek sering terjadi ketidaksesuaian jadwal pada saat di lapangan yang mengakibatkan penambahan waktu dan

pembengkakan biaya. Penyebab adanya keterlambatan yang sering terjadi adalah akibat perubahan desain, faktor cuaca, kurang memadai kebutuhan pekerja, material, ataupun peralatan, kesalahan perencana atau spesifikasi dan kepemimpinan dan tim manajemen juga berpengaruh. Memimpin merupakan indikator dari manajemen yang melibatkan perencanaan di atas kertas menjadi kenyataan. Keterampilan yang diperlukan adalah kemampuan mengubah desain menjadi bangunan bertingkat yang memiliki nilai dan daya Tarik (Sari, D.P.,

Purwanto, et all 2024) Percepatan dapat dilakukan tidak hanya untuk mengatasi masalah keterlambatan.

Salah satu metode yang dapat mengidentifikasi pertukaran waktu dan biaya pada suatu proyek yang sedang dikerjakan ialah *Time Cost Trade Off Analysis*. Metode *Time Cost Trade Off Analysis* adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk mempercepat waktu, pelaksanaan proyek dan menganalisa waktu yang dapat dipersingkat dengan adanya penambahan biaya terhadap kegiatan, yang bisa dipercepat periode atau waktu pelaksanaannya sehingga dapat diketahui percepatan yang paling maksimum, dan biaya yang paling minimum (Vebiola dan Waskito, 2020).

Metode TCTO dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu dengan mengubah metode kerja konstruksi, menambah jumlah pekerja, mengadakan shift pekerjaan, menggunakan material yang lebih cepat penggunaannya dan dengan menambah jam kerja atau lembur.

Proyek pembangunan WTP dengan volume 1,3 m³, yang berlokasi di Pulau Pinang, Kecamatan Kembang Janggut, Kabupaten Kutai Kartanegara ini dipilih sebagai objek penelitian karena pihak owner menginginkan percepatan pada proses pelaksanaan pembangunan proyek.

Pembangunan WTP 50 L/Det di Desa Pulau Pinang ini dipilih karena selama kegiatan proyek yang ada di lapangan, pembangunan di bawah jalan umum ini harus cepat diselesaikan dan dibuka untuk umum kembali agar tidak mengalami keterlambatan pada pelaksanaannya. Oleh karena itu, penelitian ini dilaksanakan untuk mempercepat waktu pelaksanaan proyek dengan penambahan biaya minimum, menganalisis sejauh mana waktu dapat dipersingkat dengan penambahan biaya minimum menggunakan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO).

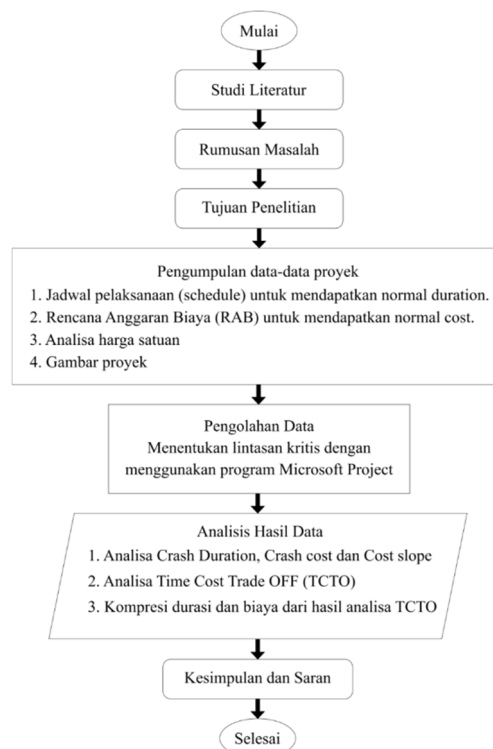
2. Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan di proyek pembangunan *Water Treatment Plant* (WTP) di Desa Pulau Pinang, Kecamatan Kembang Janggut, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur, Indonesia. Analisis TCTO dilakukan dengan metode *Crashing* menggunakan *software Microsoft Project 2016*.

Tahapan dalam kajian dengan pendekatan TCTO adalah sebagai berikut:

- Pengumpulan Data Variabel (Waktu dan Biaya)
- Analisis dan Perhitungan *Cost Slope*
Analisis data dapat dilakukan dengan bantuan program *Microsoft Project*, Metode *Time Cost Trade Off*, dan *Microsoft Excel* dengan menginputkan data yang terkait untuk dianalisis. Dan hasil penginputan data adalah lintasan kritis. Setelah lintasan kritis didapat selanjutnya dianalisis setiap kegiatan pekerja yang berada di lintasan kritis dengan metode *time cost trade off* yaitu penambahan jam lembur optimum.
- Analisis Perhitungan *Time Cost Trade Off*
Setelah melakukan analisa *Time Cost Trade Off* dihasilkan grafik total biaya. Total biaya proyek merupakan penjumlahan dari biaya langsung dengan biaya tak langsung yang dikeluarkan setelah proses percepatan, biaya langsung akan bertambah sedangkan biaya tak langsung semakin berkurang karena durasi yang lebih cepat dari sebelumnya.

Tahapan Penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1** dibawah berikut.



Gambar 1. Tahapan Penelitian Pengujian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Proyek Pembangunan WTP di Desa Pulau Pinang

Proyek yang akan dijadikan studi kasus dalam penelitian ini adalah proyek pembangunan *Water Treatment Plant* (WTP) tepatnya di Desa Pulau Pinang, Kecamatan Kembang Janggut, Kab. Kutai Kartanegara. WTP ini terdiri dari beberapa bangunan diantaranya ialah bangunan rumah dosing, bak bahan kimia dan bangunan *Water Treatment Plant* (WTP). Proyek pembangunan WTP di Desa Pulau Pinang ini berkapasitas 50 L/detik.

Pembangunan *Water Treatment Plant* (WTP) dilengkapi dengan sarana penunjang unit kerja Operasional WTP Pulau Pinang yaitu sebagai berikut:

1. *Water Treatment Plant* (WTP)
WTP adalah sistem atau sarana yang berfungsi untuk mengolah air dari kualitas air baku (*influent*) terkontaminasi untuk mendapatkan perawatan kualitas air yang diinginkan sesuai standar mutu atau siap untuk di konsumsi. Konstruksi ini terdiri dari 5 proses, yaitu: koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi.
2. Rumah Unit Penambahan Bahan Kimia
Pada proses koagulasi - flokulasi dalam Instalasi Pengolahan Air (IPA) dilakukan proses destabilisasi partikel koloid, karena pada dasarnya sumber air (air baku) biasanya berbentuk koloid dengan berbagai koloid yang terkandung didalamnya.

Berikut deskripsi umum mengenai proyek pembangunan *Water Treatment Plant* (WTP) di Desa Pulau Pinang, sebagai berikut:

Nama Proyek	: Pekerjaan Pembangunan SPAM 50 L/detik di Desa Pulau Pinang
Kegiatan	: Pembangunan SPAM di Daerah Kabupaten/Kota
Lokasi Proyek	: Desa Pulau Pinang, Kec. Kembang Janggut, Kab. Kutai Kartanegara
Pemilik Proyek	: Pemerintah Kabupater Kutai Kartanegara
Kontraktor	: CV. Carissa Naufal Jaya
Pelaksana	
Konsultan	: CV. Akasaka Teknika
Pengawas	: Consultant

Jadwal	: 180 Hari Kalender
Pelaksanaan	
Tahun	: Tahun 2022
Anggaran	
Nilai Kontrak	: Rp. 7.489.694.609,62,-

3.2 Tahapan Pelaksanaan Normal Proyek

Rincian tahapan pekerjaan dan durasi normal dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1. Tahapan Durasi Normal Proyek

No	Item Pekerjaan
I	Pekerjaan Water Treatment Plant
1.1	<i>Drainase</i>
1.2	Pembangunan WTP 50L/Detik
II	Pekerjaan Mekanikal Elektrikal
III	Pekerjaan Pembangunan Rumah Dossing
3.1	Pekerjaan Pendahuluan
3.2	Pekerjaan Galian & Pondasi
3.3	Pekerjaan Struktur
3.3.1	Pekerjaan Sloft 15/20 cm
3.3.2	Pekerjaan Kolom 20/20 cm
3.3.3	Pekerjaan Kolom 15/25 cm
3.3.4	Pekerjaan Ring Balk 15/25 cm
3.3.5	Pekerjaan Bak Bahan Kimia
3.3.6	Pekerjaan Jalan Inspeksi dan Tangga
3.3.7	Pekerjaan Dinding & Lantai
3.3.8	Pekerjaan Atap & Plafond
3.3.9	Pekerjaan Instalasi Listrik
3.3.10	Pekerjaan Cat-Catan
IV	Pekerjaan Lain-Lain
Durasi Total 180 hari	

3.3 Biaya Proyek Pembangunan WTP di Pulau Pinang

Biaya proyek yang digunakan dalam proses Pembangunan WTP di Desa Pulau Pinang adalah biaya aktual yang didapatkan dari konsultan proyek CV. Akasaka Teknika Consultant.

Berikut ini rekapitulasi biaya Proyek Pembangunan WTP di Desa Pulau Pinang, dapat dilihat pada **Tabel 2** dibawah ini.

Tabel 2. RAB Proyek PDAM di Pulau Pinang

Jumlah (biaya langsung)	Rp 6.747.472.621,62
PPN 11% (Jumlah biaya)	Rp 742.221.988
Jumlah Total	Rp 7.489.694.609,62

3.4 Menyusun *Network Diagram*

Setelah diketahui hubungan ketergantungan antar kegiatan dan durasi tiap kegiatan maka dapat disusun jaringan kerja dengan menggunakan bantuan *software Microsoft Office Project 2016* untuk melakukan perhitungan maju dan mundur. Dengan melihat diagram preseden dari masing-masing kegiatan dapat diketahui jalur kritis dan kegiatan-kegiatan kritisnya seperti pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Jalur Kritis Proyek WTP

No	Item Pekerjaan
I	Pekerjaan Water Treatment Plant
1.1	<i>Drainase</i>
1.1.1	Penggalian 1m ³ Tanah Biasa Sedalam 0 s/d 1 m
1.1.2	Pasangan 1m ³ Pondasi Batu Gunung 1:5
1.1.3	Membuat 1m ³ Beton Mutu f'c = 7,4 Mpa
II	Pekerjaan Mekanikal Elektrikal
III	Pekerjaan Pembangunan Rumah Dossing
3.1	Pekerjaan Pendahuluan
3.1.1	m1 Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank
3.2	Pekerjaan Galian & Pondasi
3.2.1	1 m Cerucuk Ulin 10/10 (Lokal)
3.2.2	1Bh Memasang Sunduk Kalang Kayu Ulin 5x10
3.2.3	Penggalian 1 m ³ Tanah Biasa Sedalam 0 s/d 1 m
3.2.4	Pengurugan Kembali 1 m ³ Galian Tanah
3.2.5	Pasangan 1 m ³ Pondasi Batu Gunung 1:5
3.3	Pekerjaan Struktur
3.3.1	Pekerjaan Sloft 15/20 cm
3.3.1.1	Membuat 1 m ³ beton mutu f'c = 19,3 MPa
3.3.1.2	Pembesian 1 Kg dengan besi polos atau besi ulir
3.3.1.3	Pemasangan 1m ² bekisting sloof
3.3.2	Pekerjaan Kolom 20/20 cm
3.3.2.1	Membuat 1 m ³ beton mutu f'c = 19,3 MPa
3.3.2.2	Pembesian 1 Kg dengan besi polos atau besi ulir
3.3.2.3	Pemasangan 1m ² bekisting kolom
3.3.3	Pekerjaan Kolom 15/25 cm
3.3.3.1	Membuat 1 m ³ beton mutu f'c = 19,3 MPa
3.3.3.2	Pembesian 1 Kg dengan besi polos atau besi ulir
3.3.3.3	Pemasangan 1m ² bekisting kolom

3.3.4	Pekerjaan Kolom Ring Balk
3.3.4.1	Membuat 1 m ³ beton mutu f'c = 19,3 MPa
3.3.4.2	Pembesian 1 Kg dengan besi polos atau besi ulir
3.3.4.3	Pemasangan 1m ² bekisting balok
3.3.5	Pekerjaan Bak Bahan Kimia
3.3.5.1	Membuat 1 m ³ beton mutu f'c = 19,3 MPa
3.3.5.2	Pembesian 1 Kg dengan besi polos atau besi ulir
3.3.5.3	Pemasangan 1m ² bekisting dinding
3.3.6	Pekerjaan Jalan Inspeksi dan Tangga
3.3.6.1	Membuat 1 m ³ beton mutu f'c = 7,4 MPa
3.3.6.2	Pembesian 1 Kg dengan besi polos atau besi ulir
3.3.6.3	Pemasangan 1m ² bekisting lantai
3.3.7	Pekerjaan Dinding & Lantai
3.3.7.1	Pemasangan Dinding Bata Merah ½ Bata 1:5
3.3.7.2	Pemasangan Plesteran 1 m ² 1sp:5pp 2 cm
3.3.7.3	Pemasangan Acian 1 m ²
3.3.7.4	Pekerjaan Lantai Keramik 40x40
3.3.7.5	1 m ² Pas. Dinding Keramik 40x40 cm SNI 7395:2008
3.3.8	Pekerjaan Atap & Plafond
3.3.8.1	Rangka Baja Ringan/m ² Terpasang
3.3.8.2	Pemasangan 1 m ² Atap Zinalum
3.3.8.3	Pemasangan 1 m List Plank Clasiboard
3.3.8.4	Rangka Plafond Metal Furimng/m ² Terpasang
3.3.9	Pekerjaan Instalasi Listrik
3.3.9.1	Instalasi Listrik
3.3.9.2	Lampu LED 7 watt + Fitting
3.3.9.3	Saklar Ganda
3.3.9.4	Stop Kontak 1 Phase
3.3.10	Pekerjaan Cat-Catan
3.3.10.1	Pengecatan 1 m ² Dinding/Plafon Baru
3.3.10.2	Pengecatan 1 m ² Permukaan Kayu Dengan Cat Minyak 3 kali
IV	Pekerjaan Lain-Lain
4.1	Pasangan 1 m ³ Pondasi Batu Gunung 1:5
4.2	Membuat 1 m ³ Beton Mutu f'c = 19,3 Mpa
4.3	Pemasangan 1m ² Bekesting Pondasi

(Sumber: *Microsoft Project, 2016*).

Berdasarkan penyusunan untuk tiap item pekerjaan yang ada pada **Tabel 3** yaitu jalur kritis proyek

Pembangunan WTP di Desa Pulau Pinang didapatkan 4 kategorial pekerjaan, dengan 43 item pekerjaan yang termasuk didalam jalur kritis diantaranya dari mulai pekerjaan Penggalian Tanah Biasa Sedalam 0 s/d 1 m, Pasangan Pondasi Batu Gunung, Membuat Beton Mutu f'c = 7,4 Mpa dan seterusnya.

3.5 Alternatif Percepatan Proyek

Pada penelitian ini usaha yang digunakan untuk mempercepat penyelesaian proyek tersebut adalah dengan menggunakan penambahan jam (lembur) optimum.

Menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor Kep 102/MEN/VI/2004 Pasal 3 dan 11 tentang standar upah lembur dan waktu kerja lembur adalah:

- Waktu kerja lembur hanya dapat dilakukan paling banyak 3 (jam) dalam 1 (hari) dan 14 (jam) dalam 1 (minggu).
- Untuk kerja lembur pertama harus dibayar sebesar 1,5 kali upah sejam. Untuk setiap jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah sebesar 2 kali lipat upah satu jam.

3.5.1 Menentukan *Crash Duration*

Crash duration merupakan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan setelah dilakukan penambahan jam kerja (lembur) optimum. Sebelum menghitung *crash duration* perlu dicari produktivitas harian, produktivitas tiap jam, dan produktivitas harian sesudah *crash* (percepatan).

3.5.2 Menentukan *Crash Cost*

Crash cost dikeluarkan setelah dilakukan percepatan yang merupakan total biaya langsung untuk menyelesaikan pekerjaan. Dimana biaya ini diperhitungkan dari penjumlahan biaya langsung dan biaya upah lembur total pekerja. Secara otomatis dengan adanya percepatan ini maka nilai biaya langsung untuk tiap item pekerjaan akan lebih besar dibandingkan dengan biaya langsung sebelumnya.

3.5.3 Menentukan *Cost Slope*

Cost slope merupakan pertambahan biaya langsung untuk mempercepat suatu aktivitas per satuan waktu. Pertambahan biaya tersebut berbanding lurus dengan nilai *crash cost*. Semakin besar *crash cost*-nya maka semakin besar nilai *cost*

slope-nya dan sebaliknya. Durasi yang direncanakan juga mempengaruhi besarnya nilai biaya percepatan ini.

$$\text{Cost Slope/hari} = \frac{\text{Biaya Percepatan} - \text{Biaya Normal}}{\text{Crashing}}$$

3.6 Time Cost Trade Off Analysis (TCTO)

Setelah didapatkan nilai *cost slope* (penambahan biaya akibat percepatan) dari masing-masing aktivitas pekerjaan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis pertukaran waktu dan biaya dengan metode *Time Cost Trade Off Analysis*. Analisis ini dilakukan dengan cara melakukan kompresi (penekanan) pada aktivitas yang berada pada lintasan kritis.

Tahapan penekanan ternyata didapatkan jalur kritis baru yang berarti tahap pengkompresian tetap dilakukan sampai pada titik proyek dipersingkat dari yang mempunyai *Cost Slope* terendah. Proyek pembangunan WTP di Desa Pulau Pinang ini *Cost Slope* terendah pada pekerjaan Pemasangan Pondasi Batu Gunung.

3.6.1 Efisiensi Waktu dan Biaya Proyek

1. *Crashing* Maksimal

$$\begin{aligned} \text{Waktu Proyek} &= \frac{(\text{Durasi Normal} - \text{Durasi Percepatan})}{\text{Durasi Percepatan}} \times 100\% \\ &= \frac{180 - 140}{180} \times 100\% \\ &= 22,2\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Proyek} &= \frac{\text{Biaya Normal} - \text{Biaya Percepatan}}{\text{Biaya Normal}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 7.624.644.062,00 - \text{Rp } 7.651.834.687,43}{\text{Rp } 7.624.644.062,00} \times 100\% \\ &= 0,36\% \end{aligned}$$

2. *Crashing* Minimal

$$\begin{aligned} \text{Waktu Proyek} &= \frac{(\text{Durasi Normal} - \text{Durasi Percepatan})}{\text{Durasi Percepatan}} \times 100\% \\ &= \frac{180 - 147}{180} \times 100\% \\ &= 18,3\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Proyek} &= \frac{\text{Biaya Normal} - \text{Biaya Percepatan}}{\text{Biaya Normal}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 7.624.644.062,00 - \text{Rp } 7.646.796.653,06}{\text{Rp } 7.624.644.062,00} \times 100\% \\ &= 0,36\% \end{aligned}$$

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang didapat adalah sebagai berikut:

1. Waktu normal untuk menyelesaikan proyek Pembangunan WTP di Desa Pulau Pinang adalah 180 hari, kemudian setelah dilakukan percepatan dengan penambahan jam kerja lembur optimum dengan waktu *crashing* minimal waktu penyelesaian proyek menjadi 147 hari, dan percepatan dengan penambahan jam kerja lembur optimum dengan waktu *crashing* maksimal penyelesaian proyek menjadi 140 hari. Berdasarkan hal tersebut alternatif percepatan *crashing* maksimal adalah yang paling optimal untuk direalisasikan dalam proyek pembangunan WTP di Desa Pulau Pinang dengan efisiensi waktu sebesar 22,2%.
2. Berdasarkan hasil perhitungan percepatan dengan penambahan jam kerja lembur optimum dengan waktu *crashing* maksimal penyelesaian menjadi 140 hari menghasilkan penambahan total biaya yaitu sebesar 0,36 % atau senilai dengan Rp 26.709.375,38. Total biaya normal proyek WTP di Desa Pulau Pinang yaitu semula Rp 7.489.694.609,62 menjadi Rp 7.516.403.985,00.
3. Efisiensi alternatif terhadap waktu dan biaya optimal akibat penambahan jam kerja (lembur) optimum didapat pada umur proyek 140 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp 7.516.403.985,00 dengan efisiensi waktu proyek sebanyak 40 hari adalah (22,2 %) dan efisiensi penambahan biaya proyek sebesar Rp 26.709.375,38 adalah (0,36 %).

Daftar Pustaka

1. Afrizal, A. I. (2018). *Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya Untuk Pengoptimalan Waktu dan Biaya Proyek (Studi Kasus: Pembangunan UPT Puskesmas Karangpucung*. Universitas Islam Indonesia.
2. Aldhesta Bangkit Annas Maulana, A. S. (2020). Analisis percepatan waktu dan rencana anggaran biaya menggunakan etode *crashing* dengan penambahan jam kerja (lembur). In *Artikel* (Vol. 1). Universitas Negeri Semarang.
3. Arvianto, R., & Handayani, F. S. (2017). Optimasi Biaya Dan Waktu Dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) (Studi Kasus Proyek Bangunan Rawat Inap Kelas III dan Parkir RSUD Dr . Moewardi Various things can happen in the execution of construction

- projects that could lead to increased duration. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 1(1), 69–74.
4. Brando, R., Walangitan, P. D. R. O., & Tjakra, J. (2017). Sistem Pengendalian Waktu Dengan Critical Path Method (Cpm) pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus : Menara Alfa Omega Tomohon). *Jurnal Sipil Statik*, 5(6), 363–371.
5. Fahrhan, Haryanto, B., & Jamal, M. (2021). Perbandingan Penjadwalan Proyek Dengan Metode PDM (Precedence Diagram Method) & CPM (Critical Path Method) (Studi Kasus: Lanjutan Pembangunan Proyek Gedung SD Islamic Center Samarinda). *Jurnal Teknologi Sipil*, 5(2), 17–25.
6. Fajar Sri Handayani, R.A Imareta Sulistiofanny, S. (2017). Penerapan Time Cost Trade Off Dalam Optimalisasi Biaya Dan Waktu Dengan Penambahan Shift Kerja Dan Kapasitas Alat (Studi Kasus Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Semarang , Ruas Bawen – Solo Seksi II). *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 1(1), 733–743.
7. Gustinawati, H. (2018). Evaluasi dan Optimalisasi Sistem Pengolahan Air Minum Pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Jaluko Kapasitas 50 L/S Kabupaten Muaro Jambi. *Jurnal Daur Lingkungan*, 1(1), 29–34.
8. Hartono, W., Chabibah, S. A. N., & Sugiyarto. (2015). Penerapan Time Cost Trade Off Dalam Optimalisasi Biaya Dan Waktu Terhadap Perbandingan Penambahan Tenaga Kerja Dan Shift Kerja (Studi Kasus Proyek Pembangunan Kelurahan Ketelan Surakarta). *E Mateksi*, Vol 3(No 4), 1005–1012.
9. I Komang Bhavana Yoga Indriya Nigraha. (2023). Analisis Percepatan Waktu dan Biaya Menggunakan Metode *Crashing* (Penambahan Jam Kerja) pada Proyek Konstruksi. In *Politeknik Negeri Bali* (Vol. 0, Issue 0). Politeknik Negeri Bali.
10. Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia. Nomor Kep.102/Men/VI/2004 tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur.
11. Kustiani, I., Ma'ruf, A., & Mela, A. F. (2016). Analisis Time Cost Trade Off Untuk Mengejar Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Di Bandar Lampung. *Rekayasa*, 20(2), 1–12.
12. Laksana, B. I. (2018). *Aplikasi Metode Time Cost Trade Off Untuk Mengoptimalkan Waktu dan Biaya Pekerjaan Proyek Pada Pembangunan Gedung Pengairan*

- Universitas Brawijaya. Universitas Brawijaya.
13. Malahayati. (2023). Analisis Percepatan Durasi Proyek Menggunakan Metode Crashing pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Mapolda Sumatera Selatan). In *Universitas Sriwijaya* (Vol. 13, Issue 1). Universitas Sriwijaya.
 14. Muhammad, A. A., & Indryani, R. (2015). Analisa Time Cost Trade Off pada Proyek Pasar Sentral Gadang Malang. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), D45–D49.
 15. Ningrum, F. G. A., Hartono, W., & Sugiyarto. (2017). Penerapan Metode Crashing Dalam Percepatan Durasi Proyek dengan Alternatif Penambahan Jam Lembur dan Shift Kerja. *E-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 1(1), 3.
 16. Nurhayati. (2010). *Manajemen Proyek* (1st ed.). Graha Ilmu. <http://inlisite.undiksha.ac.id/opac/detail-opac?id=1953>
 17. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2021 Tentang Perjanjian kerja waktu tertentu, alih daya, waktu kerja dan waktu istirahat, dan pemutusan hubungan kerja.
 18. Peraturan Presiden No. 16 Tahun 2018 Pasal 79 Ayat 4. tentang Denda Keterlambatan Pekerjaan.
 19. Priambodo, E. A. (2017). Perancangan Unit Instalasi Pengolahan Air Minum Kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember. *Teknik ITS*, 6(1), 51–56.
 20. Priyo, M., & Aulia, M. R. (2016). Aplikasi Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia. *Semesta Teknika*, 18(1), 30–43. <https://doi.org/10.18196/st.v18i1.703>
 21. Putri, D. T. R. (2013). *Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Bersih Unit 1 Sungai Ciapus Di Kampus IPB Dramaga Bogor*. Institut Pertanian Bogor.
 22. Rachmawati, F., & Marsono, B. D. (2021). Evaluasi Teknis Instalasi Pengolahan Air Unit Ultrafiltrasi pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Siwalanpanji WTP Sidoarjo. *Jurnal Teknik ITS*, 10(2), F46–F53.
 23. Salas, B. S. S. S., Sari, D. P., Sudibyo, A., & Nur, A. R. (2023). Optimasi waktu dan biaya pelaksanaan proyek jalan dengan metode Crash Program (studi kasus pemeliharaan jalan Kecamatan Tenggarong Seberang dan Tenggarong). *Rekayasa Sipil*, 17(1), 47–53.
 24. Santosa, B. (2009). *Manajemen Proyek: Konsep & Implementasi*. Graha Ilmu.
 25. Sari, D. P., & Salasa, B. S. (2023). Pengendalian Waktu dan Biaya dengan Metode Earned Value Analysis (Studi Kasus: Rekonstruksi Jalan Kabupaten Kutai Kartanegara). *Rekayasa Sipil*, 17(3), 315–319.
 26. Sari, D. P., Purwanto, H., Purnama, H., Hidayat, A., Iskandar, A. A., & Isdyanto, A. (2024). *Manajemen Proyek Infrastruktur*. TOHAR MEDIA.
 27. Soeharto, I. (1999). *Manajemen Proyek (Dari Konspetual Sampai Operasional)* (2nd ed.). Penerbit Erlangga.
 28. Umar, M. A., Wibowo, K., & Mudiyo, R. (2021). Analisis Waktu Dan Biaya Dengan Metode Crashing, Overlapping Dan Gabungan Crashing Overlapping. In *Journal of Industrial Engineering & Management Research* (Vol. 0, Issue 0). Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
 29. Undang-Undang No. 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan.
 30. Utami, R. P., & Radityaningrum, A. D. (2021). Kinerja Sistem Pengolahan Air Bersih Di Instalasi Pengolahan Air Ii Ngares, Kabupaten Trenggalek. *Environmental Engineering Journal ITATS*, 1(1), 35–43.
 31. Vebiola, N. E., & Waskito, J. P. H. (2020). Analisis Optimasi Waktu dan Biaya dengan Mwtode Time Cost Trade Off (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Basement Kawasan Balai Pemuda). *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 8(2), 113–120.
 32. Widyo Kisworo, R., & Sri Handayani, F. (2017). Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Dengan Penambahan Jam Kerja Lembur Dan Jumlah Alat. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 5(3), 766.