

OPTIMASI BIAYA DAN WAKTU MENGGUNAKAN METODE TIME COST TRADE OFF PADA PROYEK REHABILITASI RUMAH JABATAN WALIKOTA KUPANG

Adryan Dheva Syahdana¹⁾ & I Gusti Agung Ananda Putra²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pendidikan Nasional, Denpasar.

Email korespondensi : adryandhevaysahdana@gmail.com

ABSTRAK

Pada tahun 2021 di Kota Kupang, kota tersebut dilanda badai seroja menyebabkan kerusakan pada banyak rumah dan gedung. Menurut data yang tercatat oleh situs kompasid, sekitar 52.793 unit bangunan terkena dampak badai tersebut. Banyak upaya yang harus dilakukan masyarakat maupun pemerintah kota Kupang untuk memperbaiki kediaman mereka. Salah satunya yaitu melakukan pekerjaan konstruksi. Pekerjaan konstruksi yang dilakukan ialah untuk merenovasi bangunan-bangunan yang rusak setelah bencana alam tersebut. Namun, sering kali terjadi ketidak sesuaian antara jadwal perencanaan dengan pelaksanaan di lapangan, menyebabkan keterlambatan dan peningkatan biaya dalam pelaksanaan proyek. Skripsi ini membahas studi kasus Rehabilitasi Rumah Jabatan Walikota Kupang, Nusa Tenggara Timur, yang mengalami keterlambatan akibat berbagai faktor termasuk cuaca buruk dan kurangnya penyelesaian proyek yang memadai. Dengan menggunakan metode Time Cost Trade Off, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi lintasan kritis, menentukan waktu normal dan waktu percepatan, serta mencapai keseimbangan optimal antara biaya dan waktu pelaksanaan proyek. Setelah melakukan crash duration, Durasi dari waktu optimal proyek dengan percepatan penambahan tenaga kerja adalah 59 hari yang berarti lebih cepat 4 hari dari waktu keterlambatan proyek sebelumnya yaitu 63 hari. Sedangkan biaya optimal proyek dengan percepatan penambahan tenaga kerja adalah Rp 3,742,542,230.03 yang dimana terdapat penurunan biaya proyek sebesar Rp 12,976,877.97 dari biaya normal Rp 3.755.519.108,00.

Kata kunci : Pertukaran Biaya dan Waktu, Percepatan Proyek, Proyek Konstruksi

ABSTRACT

In the year 2021 in Kupang City, the city was hit by the seroja storm causing damage to many houses and buildings. According to data recorded by the kompasid website, around 52,793 building units were affected by the storm. The people of Kupang and the city government have a lot of work to do to improve their homes. One of them is construction work. The construction work carried out is to renovate the buildings that were damaged after the natural disaster. However, there is often a mismatch between the planning schedule and the implementation in the field, causing delays and increased costs in project implementation. This thesis discusses a case study of the Rehabilitation of the Mayor's Office House in Kupang, East Nusa Tenggara, which experienced delays due to various factors including bad weather and lack of adequate project completion. Using the Time Cost Trade Off method, this study aims to identify the critical path, determine the normal time and acceleration time, and achieve an optimal balance between cost and time of project implementation. After conducting a crash duration, the duration of the optimal project time with the acceleration of additional labor is 59 days, which is 4 days faster than the previous project delay time of 63 days. While the optimal cost of the project with the acceleration of additional labor is Rp 3,742,542,230.03 which is a decrease in project costs of Rp 12,976,877.97 from the normal cost of Rp 3,755,519,108.00.

Keywords : Time Cost Trade Off, Project Acceleration, Construction Project

1. PENDAHULUAN

Pada tahun 2021 di Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur, kota tersebut dilanda Siklon tropis seroja atau badai seroja menyebabkan kerusakan pada banyak rumah dan gedung. Menurut data yang tercatat oleh situs kompasid (2021), sekitar 52.793 unit bangunan terkena dampak badai tersebut. Banyak upaya yang harus dilakukan masyarakat maupun pemerintah kota Kupang untuk memperbaiki kediaman mereka. Salah satunya yaitu melakukan pekerjaan konstruksi. Pekerjaan konstruksi yang dilakukan ialah untuk memperbaiki atau merenovasi bangunan-bangunan yang rusak setelah bencana alam tersebut. Namun ketika proyek konstruksi sedang berjalan, seringkali terjadi ketidakcocokan antara jadwal yang direncanakan dengan apa yang terjadi secara aktual di lokasi, sehingga dapat mengakibatkan waktu pelaksanaan lebih lama dari yang ditetapkan serta biaya pelaksanaan menjadi lebih besar sehingga pelaksanaannya pun harus terlambat. Keterlambatan dalam pelaksanaan proyek konstruksi bisa diakibatkan oleh sejumlah faktor yang berbeda, seperti manajemen yang salah dalam proyek, kesalahan dalam estimasi waktu yang dilakukan selama tahap perencanaan, ketidakcocokan dalam penganggaran proyek, kendala terkait bahan material, tenaga kerja, peralatan, dan kondisi lingkungan atau cuaca yang tidak mendukung, merupakan faktor-faktor yang bisa menyebabkan keterlambatan dalam proyek konstruksi.

Dalam proyek konstruksi, penting untuk menyelesaikan pekerjaan sesuai biaya dan waktu yang telah ditetapkan. Ini bermanfaat bagi semua orang yang terlibat, seperti kontraktor dan pemilik proyek. Oleh karena itu, perusahaan yang baik akan selalu berusaha untuk bekerja sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan atau mengurangi keterlambatan dengan melakukan tindakan yang efisien. Keputusan akan diambil setelah menganalisis berbagai faktor yang menyebabkan keterlambatan. Laksana (2017), mengatakan jika Keterlambatan dalam proyek konstruksi bisa diatasi dengan mempercepat pekerjaan agar mencapai target yang direncanakan. Dalam penelitian Dwijono (2017) menyampaikan bahwa Mempercepat setiap tahap dalam suatu proyek konstruksi pasti akan membuat proyek tersebut selesai lebih cepat dari jadwal yang semula direncanakan. Namun, mempercepat waktu setiap tahap ini juga akan berdampak pada biaya proyek, terutama biaya tambahan yang diperlukan untuk mempercepat waktu tersebut. Akibatnya, total biaya proyek akan menjadi lebih besar dibandingkan dengan biaya normalnya. Berdasarkan kajian sebelumnya (Priyo dkk. 2018), Durasi maksimal untuk mempercepat proyek terbatas oleh ukuran proyek atau area kerja. Namun, ada empat faktor yang bisa dioptimalkan untuk mempercepat suatu aktivitas, yaitu menambah jumlah pekerja, merencanakan lebur, menggunakan alat berat, dan mengubah metode konstruksi di lapangan.

Menurut Sofia (2021) dalam penelitiannya mengatakan bahwa waktu dan biaya adalah faktor penting yang sangat memengaruhi apakah suatu proyek berhasil atau tidak. Sebuah proyek dianggap berhasil jika selesai dalam waktu singkat dan dengan biaya minimum, sambil tetap memperhatikan kualitas pekerjaan yang dihasilkan. Oleh karena itu, dalam pelaksanaan proyek konstruksi, biaya dan waktu memiliki keterkaitan yang sangat kuat. Salah satu cara untuk memaksimalkan efisiensi biaya dan waktu dalam pelaksanaan proyek konstruksi adalah dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off*. Dengan menggunakan Metode Pertukaran Biaya dan Waktu atau *Time Cost Trade Off*, pemilik proyek dapat mencapai keseimbangan yang optimal antara biaya dan waktu penyelesaian proyek. Hal ini memungkinkan untuk mempercepat pelaksanaan proyek tanpa mengorbankan kualitas dan tetap menghemat biaya. Setiawan (2021) mengatakan bahwa Metode ini adalah salah satu cara yang digunakan dalam mengelola proyek dengan menggabungkan biaya dan waktu. Dengan menggunakan opsi seperti menambah jam kerja atau menambah jumlah alat atau pekerja, pemilik proyek bisa mengendalikan biaya dan mempercepat penyelesaian proyek. Ini membantu dalam menganalisis waktu dan biaya secara efisien untuk hasil yang menguntungkan. Dalam penelitian ini, penulis mengambil studi kasus pada proyek Rehabilitasi Rumah Jabatan Walikota Kupang, Nusa Tenggara Timur. Berdasarkan waktu kontrak untuk penyelesaian proyek ini adalah selama 42 hari kalender. Mulai dari tanggal 17 November 2021 sampai 28 Desember 2021, akan tetapi mengalami keterlambatan sampai 18

Januari 2022. Penyebab keterlambatan proyek ini karena pada saat tahun 2021 di Kupang, kota tersebut sempat mengalami Siklon Tropis Seroja (Bada Seroja) yang berdampak pada cuaca di kota tersebut. Akibatnya cuaca di Kupang sering mengalami cuaca buruk sampai akhir tahun serta akibat finishing proyek yang kurang baik saat pelaksanaan proyek tersebut. Selanjutnya, pada hasil pelaksanaannya memiliki nilai total proyek sebesar Rp. 3.755.519.100,00.

2. STUDI LITERATUR

2.1 Proyek Konstruksi dan Manajemen Proyek

Berdasarkan kajian (Rini dkk. 2017) [14], menyampaikan bahwa Proyek konstruksi adalah serangkaian kegiatan yang hanya dilaksanakan satu kali dan umumnya memiliki jangka waktu yang singkat. Dalam serangkaian kegiatan tersebut, terjadi proses transformasi sumber daya proyek menjadi bangunan atau struktur tertentu. Proses ini melibatkan berbagai pihak yang terkait, baik secara langsung maupun tidak langsung. Proyek konstruksi memiliki ciri khas yang membedakannya dari proyek lainnya. Karakteristik tersebut dapat ditinjau dari beberapa aspek yaitu:

1. Setiap proyek memiliki sifat unik, yang berarti tidak ada dua rangkaian kegiatan yang sama persis. Proyek juga bersifat sementara dan melibatkan tim kerja yang berbeda-beda.
2. Proyek konstruksi membutuhkan berbagai sumber daya, mulai dari awal hingga penyelesaiannya. Sumber daya ini meliputi tenaga kerja, material, biaya, peralatan, dan metode.
3. Setiap proyek memerlukan organisasi yang sesuai, yang berarti melibatkan sekelompok orang dengan tujuan yang berbeda-beda, serta beragam keahlian, kepribadian, dan minat.

Menurut Ervianto (2005), mendefinisikan pengertian dari manajemen proyek yaitu Semua tahapan mulai dari perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, hingga koordinasi suatu proyek dari awal (ide/gagasan) hingga penyelesaian proyek bertujuan untuk menjamin bahwa proyek berjalan sesuai dengan waktu, biaya, dan mutu yang telah ditetapkan.

2.2 Biaya Langsung (*Direct cost*)

Biaya langsung dalam proyek konstruksi merujuk pada biaya-biaya yang secara langsung terkait dengan eksekusi pekerjaan di lapangan, seperti biaya bahan bangunan, upah tenaga kerja, biaya peralatan konstruksi, dan biaya sub-kontraktor.

2.3 Biaya Tidak Langsung (*Indirect cost*)

Biaya tidak langsung dalam proyek konstruksi merujuk pada biaya-biaya yang tidak secara langsung terkait dengan pelaksanaan pekerjaan di lapangan, tetapi merupakan biaya yang penting dan tidak dapat dihindari dalam proyek tersebut.

2.4 Jalur Kritis (*Critical path*)

Jalur kritis, atau *Critical Path*, adalah urutan aktivitas dalam jaringan kerja yang membutuhkan waktu paling lama dari awal hingga akhir proyek.

2.5 Produktivitas Pekerja

Secara umum, Produktivitas adalah perbandingan antara output dan input, atau juga dapat diartikan sebagai rasio antara hasil produksi dengan sumber daya yang digunakan. Menurut Ervianto (2005), Dalam proyek konstruksi, rasio produktivitas merujuk pada nilai-nilai yang diukur selama proses konstruksi. Ini melibatkan evaluasi biaya tenaga kerja, penggunaan material yang efisien, manajemen keuangan yang efektif, penerapan metode yang tepat, dan penggunaan alat yang sesuai.

2.6 Alternatif Percepatan Penambahan Tenaga Kerja

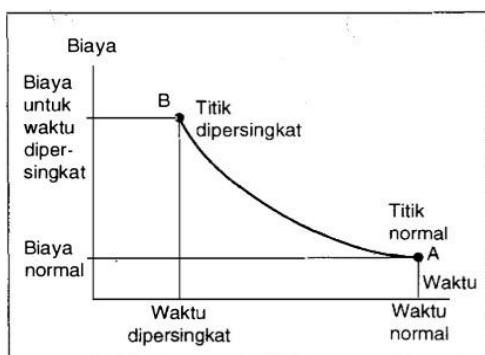
Berbagai metode percepatan dalam pelaksanaan proyek konstruksi telah banyak diterapkan. Berdasarkan kajian (Saragi dkk. 2022), Ada dua alasan mengapa percepatan dalam pembangunan proyek konstruksi dilakukan. Pertama, ini mungkin disebabkan oleh permintaan dari pemilik proyek untuk menyelesaikan proyek sebelum batas waktu penyelesaian yang ditetapkan. Kedua, percepatan mungkin diperlukan jika proyek mengalami keterlambatan waktu atau kemajuan yang lambat dalam pelaksanaannya. Salah satu opsi untuk mempercepat pelaksanaan adalah sebagai berikut:

A. Percepatan dengan penambahan tenaga kerja

Untuk mengevaluasi hubungan antara biaya dan waktu suatu kegiatan, digunakan beberapa istilah, seperti durasi normal (normal duration), durasi yang dipersingkat (*crash duration*), biaya normal (*normal cost*), dan biaya untuk waktu yang dipersingkat (*crash cost*). Untuk menentukan jumlah tenaga kerja yang akan ditambahkan, diperlukan nilai produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan yang akan dipercepat (*crashing*).

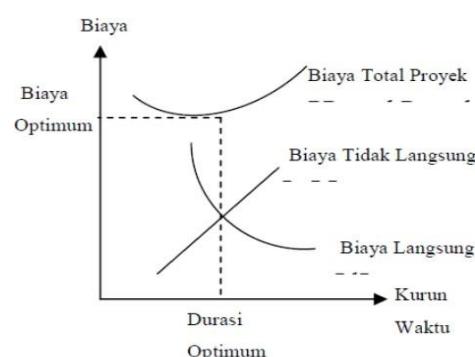
2.7 Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Biaya dan waktu memiliki hubungan yang sangat erat dalam proses konstruksi. Berjalannya sebuah proyek konstruksi sangat dipengaruhi oleh faktor biaya, sementara waktu menjadi batasan dalam proses konstruksi. Hubungan antara biaya dan waktu dapat dijelaskan lebih lanjut melalui gambar 1. Titik A pada gambar tersebut mewakili kondisi normal, sedangkan titik B menggambarkan kondisi setelah percepatan. Sementara itu, gambar 2 mengilustrasikan hubungan antara biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total dalam sebuah grafik, menunjukkan bahwa biaya optimum dapat dicapai dengan mencari total biaya proyek yang paling minimal.



Gambar 1 Grafik hubungan waktu-biaya pada keadaan normal dan dipersingkat untuk satu kegiatan.

Sumber : Penelitian Soeharto (1999)



Gambar 2 Grafik hubungan waktu dengan biaya total, biaya langsung dan biaya tak langsung.

Sumber : Penelitian Soeharto (1999)

2.8 Metode Pertukaran Biaya dan Waktu (*Time Cost Trade Off*)

Metode *Time Cost Trade Off* merupakan suatu pendekatan yang menggabungkan biaya dan waktu dalam proses manajemen proyek. Dengan mengatur jumlah tenaga kerja, jam kerja, dan jumlah alat, metode ini memungkinkan pengendalian biaya serta percepatan waktu pelaksanaan suatu proyek. Tujuan utamanya adalah untuk menganalisis waktu dan biaya dengan cara yang paling efisien dan menguntungkan bagi pemilik proyek. Ervianto (2005) mengatakan bahwa *Time Cost Trade Off* adalah proses yang sistematis dan analitis yang melibatkan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek, fokus pada kegiatan yang terletak pada jalur kritis. Ini merupakan upaya yang disengaja untuk mengoptimalkan penggunaan waktu dan biaya dalam pelaksanaan proyek.

3. METODOLOGI

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada proyek Rehabilitasi Rumah Jabatan Walikota Kupang dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off*. Penelitian ini dimulai bulan September 2023 hingga bulan Mei 2024.

3.2 Sumber dan jenis Data Penelitian

Data primer merujuk pada informasi yang diperoleh langsung dari pengamatan atau interaksi dengan pihak terlibat dalam proyek. Sementara itu, data sekunder merupakan informasi yang diperoleh dari sumber yang terkait, seperti konsultan atau kontraktor. Ada beberapa variabel yang memengaruhi optimasi biaya dan waktu dalam proyek konstruksi. Variabel biaya dan variabel waktu menjadi faktor kunci yang harus diperhatikan dalam proses evaluasi ini.

A. Variabel biaya

Semua informasi yang memengaruhi variabel biaya dapat diperoleh langsung dari kontraktor pelaksana maupun konsultan. Data yang diperlukan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Rencana Anggaran Biaya (RAB)
2. Analisa harga satuan bahan proyek
3. *Time schedule*
4. Biaya tidak langsung / Jumlah Pajak
5. Rekapitulasi perhitungan biaya proyek

B. Variabel waktu

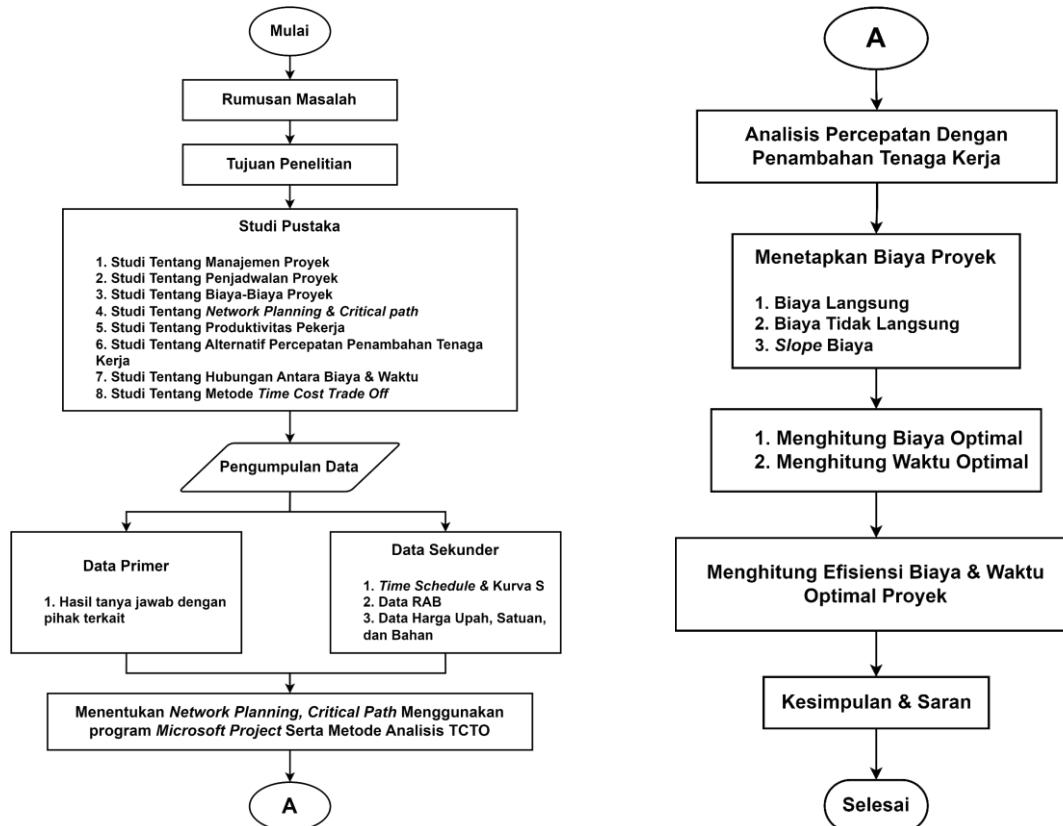
Semua informasi yang memengaruhi variabel waktu dapat diperoleh baik dari kontraktor pelaksana maupun dari konsultan pengawas.

1. Data dari cumulative progress (kurva S), meliputi sebagai berikut:
 - a) Jenis kegiatan
 - b) Durasi kegiatan
 - c) Persentase kegiatan
2. Rekapitulasi perhitungan biaya proyek

3.3 Analisis Data

Metodologi yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif. Data-data yang digunakan diperoleh dari dua sumber utama, yaitu data primer dan data sekunder. Selanjutnya, analisis data dilakukan dengan menggunakan berbagai perangkat lunak seperti *Microsoft Project*, *Microsoft Excel*. Proses analisis juga melibatkan penerapan metode Pertukaran Biaya dan Waktu (*Time Cost Trade Off*). Adapun tahap awal untuk menganalisis data-data yang ada, adalah sebagai berikut; 1) Pertama, data akan dimasukkan ke dalam program *Microsoft Project* untuk dihitung otomatis sesuai dengan rumus-rumus yang telah terintegrasi dalam program tersebut. 2) Kedua, setelah analisis data selesai, hasil dari input data ke dalam program tersebut akan menghasilkan jalur kritis (*Critical path*), yaitu rangkaian kegiatan yang memakan waktu paling lama dari awal hingga akhir proyek. 3) Tahap selanjutnya melibatkan analisis kegiatan yang terdapat dalam jalur kritis menggunakan metode *Time Cost Trade Off*. Percepatan dilakukan dengan menambah tenaga kerja, yang dibantu dengan program *Microsoft Excel* untuk mempermudah perhitungan dan perbandingan. 4) Setelah analisis selesai, hasilnya akan menunjukkan percepatan durasi dan peningkatan biaya akibat percepatan dalam setiap kegiatan yang dipercepat. Peningkatan biaya ini disebabkan oleh penambahan tenaga kerja.

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Umum Proyek

Proyek yang dijadikan studi kasus dalam penelitian ini adalah Proyek Rehabilitasi Rumah Jabatan Walikota Kupang karena proses pelaksanaannya tidak berjalan dengan baik karena terpengaruh oleh cuaca yang buruk akibat badai seroja serta akibat *finishing* proyek yang kurang baik saat pelaksanaan proyek tersebut. Biaya perbaikan proyek renovasi ini berasal dari biaya anggaran pemerintah kota (pemkot) kupang. Berdasarkan waktu kontrak untuk penyelesaian proyek ini adalah selama 42 hari, tetapi mengalami keterlambatan dimulai tanggal 29 Desember 2021 dan selesai pada 18 Januari 2022 atau 21 hari. Data umum Proyek Rehabilitasi Rumah Jabatan Walikota Kupang, sebagai berikut:

Nama Proyek	: Proyek Rehabilitasi Rumah Jabatan Walikota Kupang
Kegiatan	: Rehabilitasi/ Renovasi Gedung
Pemilik Proyek	: Pemerintah Kota Kupang
Kontraktor Pelaksana	: CV. X
Konsultan Pengawas	: CV. X
Jangka Waktu Pelaksanaan	: 63 (Enam Puluh Tiga) hari
kalender Tahun Anggaran	2021

4.2 Identifikasi Lintasan Kritis

Dari hasil pembentukan jaringan kerja menggunakan aplikasi *Microsoft Project*, teridentifikasi lintasan kritis yang dicirikan dengan garis merah. Lintasan kritis tersebut dapat dipercepat (*Crashing*) dengan menambah unit pekerja (resource work) sehingga pelaksanaannya bisa dipercepat. Dalam lintasan kritis yang dipilih, durasinya dapat dipercepat dengan menambah jumlah tenaga kerja. Dari hasil pembentukan jaringan kerja di Microsoft Project diatas maka didapat tabel lintasan kritis, sebagai berikut:

Tabel 1 Pekerjaan yang berada pada lintasan kritis

No	Pekerjaan (Lintasan Kritis)	Durasi (Hari)	Jumlah Tenaga Kerja
RUMAH JABATAN WALIKOTA KUPANG			
Pekerjaan Atap			
1	Pekerjaan Rangka Atap cnp 100	24	25
2	Pekerjaan Leveling Kuda2 Baja	18	10
3	Pekerjaan Atap Zincalume 0.35	18	15
4	Pekerjaan Atap Nok & Jurai seng plat 0.35	6	5
5	Pemasangan/m lisplank Woodplank ukuran (1 x 30) cm	6	6
6	Pengerjaan Plafon Gibbs + Rangka Hollow	18	24
7	Pengerjaan Plafon PVC + Rangka Hollow	12	7
8	Acp sopi2 + Rangka Hollow	18	7
AULA RUMAH JABATAN WALIKOTA KUPANG			
Pekerjaan Atap			
9	Pekerjaan Gording cnp 75	24	10
10	Pengerjaan Plafon Gibbs + Rangka Hollow	18	10
11	Pengerjaan Plafon PVC + Rangka Hollow	6	5
12	Pemasangan alumunium foil	18	10
13	Pemasangan List profil cornees gypsum	6	5
PAVILIUN RUMAH JABATAN WALIKOTA KUPANG			
Pekerjaan Pengecatan			
14	Pengecatan tembok	12	6
15	Cat duco jendela + Kusen	6	2
SELASAR			
Pekerjaan Atap			
16	Pengerjaan Plafon PVC + Rangka Hollow	12	5
17	Pekerjaan Atap Zincalume 0.35	12	7

Sumber: Pengolahan data melalui Microsoft Excel

4.3 Penetapan Biaya Proyek

A. Biaya Langsung

Biaya langsung adalah biaya yang terlibat langsung dalam proses pelaksanaan konstruksi di lapangan. Data untuk biaya langsung ini biasanya diperoleh dari laporan harian konsultan mengenai jumlah pekerja dan material yang diperlukan untuk setiap item pekerjaan, yang kemudian dirangkum dalam analisis teknis pekerjaan proyek Rehabilitasi Rumah Jabatan Walikota Kupang. Selanjutnya, harga upah dan harga material diperoleh dari RAB (Rencana Anggaran Biaya) yang disusun pada tahap perencanaan awal proyek. Dalam penelitian ini, biaya langsung yang tercatat merupakan biaya aktual yang terjadi di lapangan dan secara langsung terkait dengan aktivitas proyek, dengan jumlah sebesar Rp 3.414.108.280,00.

B. Biaya Tidak Langsung

Meskipun tidak langsung terkait dengan eksekusi proyek di lapangan, biaya tidak langsung tetap penting karena diperlukan dalam pelaksanaan proyek. Biaya tidak langsung ini bergantung pada durasi proyek; semakin lama proyek berlangsung, semakin tinggi biaya tidak langsungnya. Sebaliknya, jika proyek berlangsung lebih cepat, biaya tidak langsungnya akan menurun. Menurut surat perjanjian kontrak, Pajak Pertambahan Nilai (PPN) sebesar 10% untuk Proyek Rehabilitasi Rumah Jabatan Walikota Kupang ditanggung oleh pihak kontraktor pelaksana. Dari total nilai biaya tidak langsung, kita bisa menentukan biaya tidak langsung per hari. Jumlah biaya tidak langsung ini akan menurun jika durasi proyek juga berkurang.

$$\begin{aligned} \text{Biaya tidak langsung/hari} &= \text{Rp. } 341.410.828 : 63 \text{ (Hari)} \\ &= \text{Rp. } 5.419.219,49 / \text{hari} \end{aligned}$$

4.4 Analisis Biaya Akibat Percepatan Penambahan Tenaga Kerja

Dalam melakukan analisis penambahan tenaga kerja ada beberapa tahap perhitungan yang harus di lakukan. Seperti contoh perhitungan pekerjaan pekerjaan Atap Nok & Jurai seng plat 0.35 dalam renovasi Rumah Jabatan Wali Kota Kupang.

1. Menghitung produktivitas jam normal

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas waktu normal} &= \text{volume} / \text{durasi} & (1) \\ \text{Produktivitas waktu normal} &= 370.37 \text{ m}^2 / 42 \text{ jam} = 8.82 \end{aligned}$$

2. Perhitungan *crashing*

$$\begin{aligned} \text{Crashing} &= \text{volume} / (\text{produktiv waktu normal} \times 8) + (1 \times \text{produktiv waktu normal}) & (2) \\ \text{Crashing} &= 370.37 \text{ m}^2 / (8.82 \times 8) + (1 \times 8.82) = 14.07 \text{ jam} \\ &= 14.07 \text{ jam digenapkan menjadi } 1 \text{ hari} \end{aligned}$$

3. Menentukan koefisien dan upah tenaga kerja yang diperoleh dari data

RAB Koefisien Tenaga Kerja, adalah sebagai berikut:

- a) Pekerja = 0.0700
- b) Tukang = 0.0600
- c) Kepala Tukang = 0.0060
- d) Mandor = 0.0030

Biaya tenaga kerja per 1m² , adalah sebagai berikut :

- a) Pekerja = Rp 85.000,00
- b) Tukang = Rp 90.000,00
- c) Kepala Tukang = Rp 100.000,00
- d) Mandor = Rp 120.000,00

4. Menghitung jumlah dan upah tenaga kerja kondisi normal

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \frac{\text{Koef Tenaga kerja} \times \text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} \quad (3)$$

$$\text{Jumlah pekerja} = \frac{0.0700 \times 370.37}{6} = 4 \text{ orang/hari}$$

$$\begin{aligned}
 Jumlah tukang &= \frac{0.0600 \times 370,37}{6} &= 3 \text{ orang/hari} \\
 Jumlah kepala tukang &= \frac{0.0060 \times 370,37}{6} &= 0,308 \text{ digenapkan menjadi 1 orang/hari} \\
 Jumlah Mandor &= \frac{0.0030 \times 370,37}{6} &= 0,185 \text{ digenapkan menjadi 1 orang/hari}
 \end{aligned}$$

Menghitung Upah Normal selama 6 hari = (Rp 85.000,00 x 4 x 6) + (Rp 90.000,00 x 3 x 6) + (Rp 100.000,00 x 1 x 6) + (Rp 120.000,00 x 1 x 6) = Rp 4,980,000.00

5. Menghitung jumlah dan upah tenaga kerja kondisi setelah dipercepat

$$\begin{aligned}
 Jumlah pekerja &= \frac{0.0700 \times 370,37}{5} &= 5,185 \text{ digenapkan menjadi 6 orang/hari} \\
 Jumlah tukang &= \frac{0.0600 \times 370,37}{5} &= 4 \text{ orang/hari} \\
 Jumlah kepala tukang &= \frac{0.0060 \times 370,37}{5} &= 0,37 \text{ digenapkan menjadi 1 orang/hari} \\
 Jumlah Mandor &= \frac{0.0030 \times 370,37}{5} &= 0,22 \text{ jd digenapkan menjadi 1 orang/hari}
 \end{aligned}$$

Menghitung Upah dipercepat menjadi 5 Hari (Rp 85.000,00 x 6 x 5) + (Rp 90.000,00 x 4 x 5) + (Rp 100.000,00 x 1 x 5) + (Rp 120.000,00 x 1 x 5) = Rp 5,450,000.00

6. Menentukan *Cost slope*

Berikut perhitungan *cost slope* untuk pekerjaan Atap Nok & Jurai seng plat 0.35

$$Cost slope akibat crashing = \frac{(upah dipercepat - upah normal)}{(waktu normal - waktu dipercepat)} \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
 Cost slope akibat crashing &= \frac{(Rp 5,450,000.00 - Rp 2,880,000.00)}{(6-5)} \\
 Cost slope akibat crashing &= Rp 2,570,000.00
 \end{aligned}$$

7. Tahap Optimasi Pekerjaan

Crashing pekerjaan Atap Nok & Jurai seng plat 0.35 dalam renovasi Rumah Jabatan Wali Kota Kupang

Cost Slope	= Rp 2,570,000.00
Durasi normal	= 6 hari
Durasi dipercepat	= 5 hari
Total Percepatan	= 1 hari
Total durasi proyek	= 62 hari
Cost slope/hari	= Rp 2,570,000.00 x 1 Hari
	= Rp 2,570,000.00
Biaya langsung	= Rp 3.414.108.280,00 + Rp 2,570,000.00
	= Rp 3,416,678,280.00
Biaya tidak langsung	= (Rp 341.410.828,00 / 63) x 6
	= Rp 335.991.608,51
Biaya total	= Rp 3,416,678,280.00 + Rp 335,991,608.51
	= Rp 3.750.569.888,51

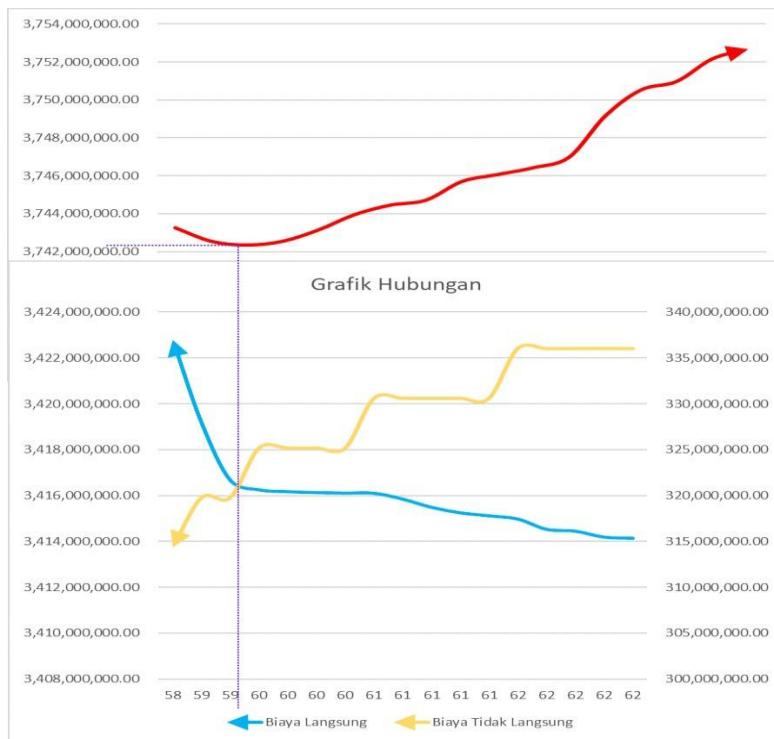
Begitupun seterusnya untuk perhitungan dari setiap pekerjaan lainnya. Hasil Crashing pekerjaan akibat percepatan penambahan tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini

Tabel 2 Hasil perhitungan biaya dan waktu

KONDISI AWAL (NORMAL)				Hari Kerja		Biaya langsung	Biaya T. Langsung	Total biaya	Efisiensi Waktu Optimal (%)	Efisiensi Biaya Optimal (%)
				63		Rp 3.414.108,280,00	Rp 341.410,828,00	Rp 3.755.519,108,00		
KONDISI SETELAH DI PERCEPAT										
Jenis Pekerjaan	Durasi Normal	Drs. di Percepat	Total	Hari kerja	Slope Biaya/Hari	Biaya langsung	Biaya T. Langsung	Total biaya		
Pekerjaan Gording cnp 75 (AULA RUMAH JABATAN)	24	22	2	61	Rp 30.000,00	Rp 3.414.138,280,00	Rp 330.572,389,02	Rp 3.744.710,669,02	3.17	0.29
Pengerjaan Plafon Gibbs + Rangka Hollow (AULA RUMAH JABATAN)	18	14	4	59	Rp 80.000,00	Rp 3.414.188,280,00	Rp 319.733,950,03	Rp 3.733.922,230,03	6.35	0.58
Pekerjaan Atap Zincalume 0,35 (SELASAR)	12	11	1	62	Rp 340.000,00	Rp 3.414.448,280,00	Rp 335.991,608,51	Rp 3.750.439,888,51	1.59	0.14
Pemasangan List profil cones gypsum (AULA RUMAH JABATAN)	6	5	1	62	Rp 420.000,00	Rp 3.414.528,280,00	Rp 335.991,608,51	Rp 3.750.519,888,51	1.59	0.13
Pengerjaan Plafon PVC + Rangka Hollow (AULA RUMAH JABATAN)	6	5	1	62	Rp 870.000,00	Rp 3.414.978,280,00	Rp 335.991,608,51	Rp 3.750.969,888,51	1.59	0.12
Cat duco jendela + Kusen (PAVILIUN RUMAH JABATAN)	6	4	2	61	Rp 1.010.000,00	Rp 3.415.118,280,00	Rp 330.572,389,02	Rp 3.745.690,669,02	3.17	0.26
Pekerjaan Leveling Kuda2 Baja (RUMAH JABATAN)	18	15	3	60	Rp 1.140.000,00	Rp 3.415.248,280,00	Rp 325.153,169,52	Rp 3.740.401,449,52	4.76	0.40
Pekerjaan Rangka Atap cnp 100 (RUMAH JABATAN)	24	22	2	61	Rp 1.380.000,00	Rp 3.415.488,280,00	Rp 330.572,389,02	Rp 3.746.060,669,02	3.17	0.25
Pengerjaan Plafon PVC + Rangka Hollow (SELASAR)	12	10	2	61	Rp 1.740.000,00	Rp 3.415.848,280,00	Rp 330.572,389,02	Rp 3.746.420,669,02	3.17	0.24
Acp sopi2 + Rangka Hollow (RUMAH JABATAN)	18	15	3	60	Rp 1.995.000,00	Rp 3.416.103,280,00	Rp 325.153,169,52	Rp 3.741.256,449,52	4.76	0.38
Pemasangan/lisplank Woodplank ukuran (1 x 30) cm (RUMAH JABATAN)	6	4	2	61	Rp 2.000.000,00	Rp 3.416.108,280,00	Rp 330.572,389,02	Rp 3.746.680,669,02	3.17	0.24
Pengerjaan Plafon PVC + Rangka Hollow (RUMAH JABATAN)	12	9	3	60	Rp 2.025.000,00	Rp 3.416.133,280,00	Rp 325.153,169,52	Rp 3.741.286,449,52	4.76	0.38
Pemasangan aluminium foil (AULA RUMAH JABATAN)	18	17	1	62	Rp 2.065.000,00	Rp 3.416.173,280,00	Rp 335.991,608,51	Rp 3.752.164,888,51	1.59	0.09
Pengecatan tembok (PAVILIUN RUMAH JABATAN)	12	7	5	58	Rp 2.145.000,00	Rp 3.416.253,280,00	Rp 314.314,730,54	Rp 3.730.568,010,54	7.94	0.66
Pekerjaan Atap Nok & Jurai seni plaf 0,35 (RUMAH JABATAN)	6	5	1	62	Rp 2.570.000,00	Rp 3.416.678,280,00	Rp 335.991,608,51	Rp 3.752.669,888,51	1.59	0.08
Pekerjaan Atap Zincalume 0,35 (RUMAH JABATAN)	18	15	3	60	Rp 5.085.000,00	Rp 3.419.193,280,00	Rp 325.153,169,52	Rp 3.744.346,449,52	4.76	0.30
Pengerjaan Plafon Gibbs + Rangka Hollow (RUMAH JABATAN)	18	14	4	59	Rp 8.700.000,00	Rp 3.422.808,280,00	Rp 319.733,950,03	Rp 3.742.542,230,03	6.35	0.35

Sumber: Pengolahan data melalui Microsoft Excel

Berdasarkan tabel 2 di atas, ketika melakukan crashing pada pekerjaan yang berada dalam lintasan kritis, telah ditemukan Titik Proyek Dipersingkat (TPD) dengan biaya paling minimal. yaitu pada pekerjaan Pengerjaan Plafon Gibbs+Rangka Hollow pada renovasi Rumah Jabatan Walikota Kupang dengan total waktu pelaksanaan 59 hari yang berarti lebih cepat 4 hari dari waktu normal proyek tersebut yaitu 63 hari, kemudian didapatkan biaya total (total cost) sebesar Rp 3.742.542.230,03 yang dimana terdapat penurunan biaya proyek sebesar Rp 12.976.877,97 dari biaya normal Rp 3.755.519.108,00. Setelah biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total diketahui maka tahap berikutnya yaitu membuat grafik hubungan ketiga biaya proyek tadi. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah.



Gambar 4 Grafik hubungan antara ketiga biaya akibat percepatan penambahan tenaga kerja

Sumber: Pembuatan grafik melalui Microsoft Excel

Pada Gambar 4 diatas, Grafik hubungan antara biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total, dapat disimpulkan bahwa saat *crash duration* dilakukan, biaya langsung akan meningkat karena keterlibatan langsung tenaga kerja lapangan. Sebaliknya, biaya tidak langsung cenderung menurun setelah *crash duration* karena percepatan pelaksanaan proyek mengurangi waktu penanggungannya. Selain itu, waktu optimum proyek, yang menandakan saat biaya total paling rendah, juga diindikasikan dalam grafik sebagai titik terendah pada kurva biaya total. Hal ini menunjukkan bahwa waktu optimum merupakan periode di mana proyek selesai dengan biaya paling efisien, yang merupakan agregat dari biaya langsung dan tidak langsung.

4.5 Perhitungan Denda Nilai Total Proyek

Proyek konstruksi yang terlambat seringkali menimbulkan dampak negatif yang signifikan, baik bagi pihak yang mendanai proyek maupun pihak yang memperoleh manfaat dari proyek tersebut. Denda diterapkan sebagai bentuk insentif atau penalti untuk mendorong proyek berjalan sesuai jadwal yang telah ditentukan. Sehubungan dengan hal tersebut, berdasarkan waktu penyelesaian proyek tersebut adalah 63 hari. Waktu rencana kontrak proyek ini adalah selama 42 hari, tetapi mengalami keterlambatan selama 21 hari kalender yang dimulai tanggal 29 Desember 2021 dan selesai pada 18 Januari 2022. Berikut perhitungan untuk menghitung denda tersebut.

$$\text{Total Nilai kontrak} = \frac{1}{1000} \times \text{Nilai kontrak} \quad (5)$$

$$\text{Total Nilai kontrak} = \frac{1}{1000} \times \text{Rp } 3,414,108,280.00 = \text{Rp } 3,414,108.28$$

Denda keterlambatan perhari sebesar Rp 3.414.108,28, Setelah itu dikalikan berapa hari total keterlambatan yaitu Rp 3,414,108.28 x 21 hari adalah Rp 71,696,273.88. Sedangkan setelah melakukan percepatan, durasi total waktu pelaksanaan proyek tersebut menjadi 59 hari yang berarti keterlambatannya berkurang menjadi 16 hari, maka perhitungannya seperti berikut Rp 3,414,108.28 x 17 hari adalah Rp 58,039,840.76.

4.6 Perhitungan Efisiensi Biaya dan Waktu Optimal Proyek

Efisiensi biaya dan waktu dalam proyek konstruksi adalah perbandingan antara biaya dan jadwal waktu yang direncanakan pada awalnya dengan biaya dan jadwal proyek setelah dilakukan crash duration melalui opsi percepatan dengan menambahkan tenaga kerja. Analisis efisiensi ini didasarkan pada perhitungan biaya dan waktu optimal yang telah disusun sebelumnya, maka diperoleh biaya dan waktu proyek Rehabilitasi Rumah Jabatan Walikota Kupang yang optimal adalah 59 hari dan biaya total menjadi Rp 3,742,542,230.03 dapat dihitung persentase efisiensi biaya dan waktu sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi waktu} = \frac{(\text{Durasi normal} - \text{Durasi setelah dipercepat})}{\text{Durasi normal}} \times 100\% \quad (6)$$

$$\text{Efisiensi waktu} = \frac{(63 - 59)}{63} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi waktu proyek} = 6,35\%$$

$$\text{Efisiensi biaya} = \frac{(\text{Total biaya normal} - \text{Total biaya setelah dipercepat})}{\text{Total biaya normal}} \times 100\% \quad (7)$$

$$\text{Efisiensi biaya} = \frac{(Rp\ 3.755.519.108,00 - Rp\ 3.742.542.230,03)}{Rp\ 3.755.519.108,00} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi biaya proyek} = 0,35\%$$

Setelah melakukan semua tahap perhitungan biaya dan waktu, maka didapat biaya optimal akibat penambahan tenaga kerja pada umur proyek 58 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp3,742,542,230.03 dengan efisiensi waktu sebanyak 4 hari (6,35 %) dan efisiensi biaya sebesar Rp 12,976,877.97 (0,35 %). Dengan demikian opsi percepatan penambahan tenaga kerja yang diterapkan terbukti cukup efisien untuk mengetahui berapakah biaya dan waktu yang optimal pada proyek konstruksi yang sudah selesai.

5. KESIMPULAN

Hasil analisis dan pembahasan menggunakan metode Time Cost Trade Off yang dilakukan pada proyek Rehabilitasi Rumah Jabatan Walikota Kupang karena adanya keterlambatan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Setelah melakukan crash duration pada proyek Rehabilitasi Rumah Jabatan Walikota Kupang didapatkan efisiensi waktu optimal pelaksanaan proyek sebanyak 4 hari (6,35 %) dan efisiensi biaya optimal proyek sebesar Rp 12,976,877.97 (0,35 %).
2. Setelah melakukan crash duration, Durasi dari waktu optimal proyek dengan percepatan penambahan tenaga kerja adalah 59 hari yang berarti lebih cepat 4 hari dari waktu keterlambatan proyek sebelumnya yaitu 63 hari. Sedangkan biaya optimal proyek dengan percepatan penambahan tenaga kerja adalah Rp3,742,542,230.03 yang dimana terdapat penurunan biaya proyek sebesar Rp 12,976,877.97 dari biaya normal Rp 3.755.519.108,00.

REFERENSI

- B. I. Laksana, "Aplikasi Metode Time Cost Trade Off Untuk Mengoptimalkan Waktu Dan Biaya Pekerjaan Proyek Pada Pembangunan Gedung Pengairan Universitas Brawijaya," hal. 1–42, 2017.
- D. Dwijono, "Optimalisasi Waktu Percepatan Dan Biaya Kegiatan Di Dalam Metode Jalur Kritis Dengan Pemrograman Linier," *J. Terap. Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 1, hal. 1–9, 2017.
- M. Priyo dan M. Risa Anggriani Paridi, "Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi Pembangunan Gedung Olah Raga (Gor)," *Semesta Tek.*, vol. 21, no. 1, hal. 72–84, 2018.
- D. A. Sofia dan A. A. E. Putri, "Analisis Perbandingan Penambahan Jam Kerja dan Tenaga Kerja terhadap Waktu dan Biaya Proyek dengan Metode Time Cost Trade Off," *Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 12, hal. 846–854, 2021.
- I. Setiawan, I. Siboro, dan M. Faisyal, "Optimasi Waktu dan Biaya Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO)," *J. Ilm. Tek. Sipil TRANSUKMA*, vol. 3, no. 2, hal. 114–128, 2021.
- S. S. Mandiyo Priyo, "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 Tek.*, vol. 20, no. 2, hal. 172–186, 2017.
- A. Maddepungeng, I. Suryani, dan D. Hermawan, "Analisis Optimasi Biaya dan Waktu dengan Metode TCTO (Time Cost Trade Off) (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Pasar Petir Serang Banten)," *J. Fondasi*, vol. 4, no. 1, hal. 20–27, 2015.
- M. G. Abdillah, M. Herni, dan S. Kurniawan, "Analisis Metode Time Cost Trade Pada Pembangunan Perpustakaan Iain Metro," *JUMATISI J. Mhs. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, hal. 211–218, 2022.
- A. Sutrisno, "Analisis Biaya Dan Waktu Pembangunan Rusun Pakal Surabaya Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) Aji Sutrisno cost of IDR22 , 418 , 103 , 375 . From the results of the TCTO analysis." hal. 1–11, 2015.
- E. A. Budianto dan A. E. Husin, "Analisis Optimasi Waktu Dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Gudang Amunisi.," *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 19, no. 3, hal. 305, 2021.
- Fazil, M. Afifuddin, dan H. A. Rani, "Analisa Waktu Dan Biaya Dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus: Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung Dprk Aceh Timur Tahap I)," *J. Tek. Sipil Univ. Syiah Kuala*, vol. 4, no. ISSN 2088-9321, hal. 241–248, 2015.
- M. P. N. Alief Bayu Herlambang, Suharwanto, Komarudin, "Perbandingan Analisa Waktu Dan Biaya Pembuatan Rumah Subsidi Dan Risha Dengan Metode Time Cost Trade Off," vol. 08, no. 01, hal. 36–47, 2023.
- M. T. J. Aji, Triwuryanto, dan S. N. Sari, "Analisis Biaya Percepatan Dengan Metode Time Cost Trade Off Di Pasar Klewer Surakarta," *Equilib*, vol. 1, no. 1, hal. 63– 72, 2020.
- I. P. Rini, "Pengaruh Produktivitas Tenaga Kerja Terhadap Kinerja Waktu Proyek Pada Bangunan Bertingkat," *J. Infrastruktur*, vol. 3, no. 2, hal. 127–135, 2017.
- W. I. Ervianto, "Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Ketiga," *Manaj. Proy. Konstr. Revisi*, hal. Edisi Revisi, Andi, Yogyakarta, 2005.

- S. Setiawati, Syahrizal, dan A. D. Rezky, "Penerapan Metode CPM dan PERT Pada Penjadwalan Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Rehabilitasi / Perbaikan dan Peningkatan Infrastruktur Irigasi Daerah Lintas Kabupaten/Kota D.I Pekan Dolok)," *J. Tek. Sipil USU*, vol. 6, no. 1, hal. 1–14, 2017
- T. E. Saragi, "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)," *Constr. J. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, hal. 53–69, 2022.
- KEWA KORNELIS (2021). "Rumah Rusak Terdampak Badai Seroja di NTT Mencapai 52.793 Unit" Diakses 15 Mei 2024 dari <https://www.kompas.id/baca/nusantara/2021/05/03/17-kabupaten-kota-di-ntt-merampungkan-data-kerusakan-rumah-warga-akibat-badai-seroja>