

## STRATEGI PERCEPATAN PEMBANGUNAN PERUMAHAN CITRASARI MENGGUNAKAN TIME COST TRADE OFF DAN ANALISA AKAR PENYEBAB PERCEPATAN

### STRATEGY TO ACCELERATE THE DEVELOPMENT OF CITRASARI REGENCY HOUSING USING THE TIME COST TRADE OFF AND ROOT CAUSE ANALYSIS OF PROJECT ACCELERATION

Jesicha Agustina Berlian Jannah<sup>1</sup>, Avisha Gita Prafitasiwi<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Gresik, Gresik – Indonesia

\*Email: [jesichaagustinaberlian@gmail.com](mailto:jesichaagustinaberlian@gmail.com)

#### Artikel histori:

Submitted 22 Nov 2025

Revised 30 Nov 2025

Accepted 22 Des 2025

Online 22 Des 2025

**ABSTRAK :** Pembangunan perumahan memiliki peran strategis dalam pemenuhan kebutuhan hunian dan peningkatan kesejahteraan masyarakat. Namun, pelaksanaan proyek konstruksi sering menghadapi kendala seperti keterlambatan jadwal dan pembengkakan biaya. Pada proyek Pembangunan Cluster Javelin Perumahan Citra Sari Regency, pihak owner menuntut percepatan penyelesaian proyek sehingga diperlukan strategi pengurangan durasi yang tetap efisien secara biaya. Penelitian ini menggunakan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) untuk menganalisis alternatif percepatan melalui penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja, serta menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mengidentifikasi akar penyebab risiko yang memengaruhi keberhasilan percepatan. Data penelitian diperoleh dari Rencana Anggaran Biaya (RAB), *time schedule* proyek, wawancara dengan pihak kontraktor, serta pengolahan jadwal menggunakan *Microsoft Project*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada beberapa cara untuk mempercepat waktu proyek yang biasanya berlangsung selama 824 hari. Alternatif percepatan yang paling efisien ditemukan melalui simulasi percepatan dan perhitungan *cost slope*. Ini memungkinkan pengurangan durasi tanpa meningkatkan biaya yang signifikan. Selain itu, analisis FTA mengidentifikasi penyebab utama risiko keterlambatan, seperti produktivitas tenaga kerja, ketersediaan material, kendala cuaca, dan koordinasi manajemen proyek. Identifikasi *minimum cut set* menunjukkan kombinasi akar penyebab yang dapat menyebabkan keterlambatan jika tidak dikendalikan. Sementara FTA memberikan pemahaman menyeluruh tentang faktor risiko yang perlu dimitigasi selama proses percepatan, penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan TCTO efektif dalam menentukan strategi percepatan yang ideal. Studi ini diharapkan dapat membantu kontraktor dan pengembang mengelola proyek konstruksi secara lebih efisien dengan mempertimbangkan waktu, biaya, dan risiko.

**Kata Kunci :** Time Cost Trade Off, Fault Tree Analysis, Percepatan Proyek, Manajemen Risiko, Manajemen Konstruksi.

**ABSTRACT:** Housing development plays a strategic role in meeting housing needs and improving community welfare. However, construction projects often face obstacles such as schedule delays and cost overruns.

*In the Javelin Cluster Development project at Citra Sari Regency Housing, the owner demanded accelerated project completion, necessitating a cost-efficient time-reduction strategy. This study used the Time Cost Trade Off (TCTO) method to analyze alternatives for acceleration through additional working hours (overtime) and additional labor, and the Fault Tree Analysis (FTA) method to identify the root causes of risks affecting the success of the acceleration. Research data were obtained from the Cost Budget Plan (RAB), project time schedule, interviews with contractors, and schedule processing using Microsoft Project. The results showed that there are several ways to accelerate the project's time, which typically lasts 824 days. The most efficient acceleration alternative was found through acceleration simulation and cost slope calculations. This allows for reduced duration without significantly increasing costs. In addition, the FTA analysis identified the main causes of delay risks, such as labor productivity, material availability, weather constraints, and project management coordination. Identification of the minimum cut set revealed a combination of root causes that could lead to delays if left unchecked. While FTA provides a comprehensive understanding of the risk factors that need to be mitigated during the acceleration process, this study demonstrates the effectiveness of using TCTO in determining the ideal acceleration strategy. This study is expected to help contractors and developers manage construction projects more efficiently by considering time, cost, and risk.*

**Keywords:** *Time Cost Trade Off, Fault Tree Analysis, project acceleration, risk management, construction management.*

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi dan peningkatan kesejahteraan masyarakat. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan urbanisasi yang pesat, permintaan akan hunian yang layak dan terjangkau semakin tinggi. Sebagian besar proyek memiliki tenggat waktu yang mengharuskan penyelesaian pekerjaan tepat waktu atau bahkan lebih awal. Oleh karena itu, keberhasilan pelaksanaan proyek yang tepat waktu menjadi tujuan penting bagi kontraktor maupun pemilik proyek, terutama ketika proyek memiliki tingkat kesulitan yang tinggi. Namun, dalam praktiknya, ketidaksesuaian antara perencanaan dan kondisi di lapangan sering terjadi selama pelaksanaan proyek, sehingga memicu penundaan pekerjaan dan berujung pada pembengkakan biaya. Penundaan tersebut umumnya disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain modifikasi desain, kondisi cuaca yang tidak mendukung, keterbatasan tenaga kerja, perlengkapan atau peralatan, kesalahan dalam perencanaan atau spesifikasi teknis, serta permasalahan pada tim kepemimpinan dan manajemen proyek (Dharwati et al., 2024)

Metode tertentu dapat dimanfaatkan untuk mengenali dan mengevaluasi kompromi antara penggunaan waktu pelaksanaan dan besarnya biaya pada sebuah proyek yang tengah dijalankan ialah Metode *Time Cost Trade Off*

(TCTO) merupakan suatu metode analisis yang digunakan dalam manajemen proyek untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek melalui evaluasi terhadap penambahan biaya yang diperlukan. Metode ini berfokus pada identifikasi aktivitas-aktivitas proyek yang memungkinkan untuk dipersingkat durasinya dengan penerapan waktu pelaksanaan yang lebih singkat. Dengan demikian, perencana proyek dapat menentukan kombinasi yang paling optimal antara percepatan durasi proyek dan tambahan biaya minimum yang harus dikeluarkan. (Vebiola & Waskito, 2020).

Metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) harus digunakan karena kebutuhan implementasi proyek konstruksi yang dipercepat. Dengan menyeimbangkan waktu dan biaya, pendekatan ini memaksimalkan penggunaan sumber daya proyek, memungkinkan tercapainya tujuan proyek yang lebih efektif. Dengan mengoptimalkan penggunaan sumber daya, *Time Cost Trade Off* (TCTO) membantu manajer proyek membuat keputusan yang lebih baik ketika menghadapi keadaan yang tidak terduga seperti penundaan atau kenaikan biaya.

*Time Cost Trade Off* (TCTO) meningkatkan pemahaman proyek dengan memberi perencana proyek kesempatan untuk mencapai standar kualitas yang lebih tinggi dengan biaya yang lebih ekonomis. (Destiane Aulia et al., 2024)

## **STRATEGI PERCEPATAN PEMBANGUNAN CLUSTER JAVELIN PERUMAHAN CITRA SARI REGENCY MENGGUNAKAN TEKNIK TIME COST TRADE OFF (TCTO) DAN ANALISA AKAR PENYEBAB PERCEPATAN PROYEK**

Cluster Javelin di Perumahan Citra Sari Regency merupakan salah satu proyek perumahan yang sedang dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan hunian yang terus meningkat. Sebagai bagian dari pengembangan kawasan perumahan, Pada awalnya, proyek ini dirancang dengan jadwal penyelesaian tertentu. Namun, berdasarkan permintaan dari pemilik proyek (owner), percepatan pembangunan perlu dilakukan agar proyek dapat diselesaikan lebih cepat, yaitu dengan target penyelesaian 60 hari lebih cepat dibandingkan jadwal yang telah ditetapkan sebelumnya.. Proyek ini dituntut untuk dapat diselesaikan dalam waktu yang optimal tanpa menimbulkan pembengkakan biaya yang tidak terkontrol. Dengan demikian, penerapan teknik *Time Cost Trade Off* (TCTO) menjadi solusi yang relevan untuk mengoptimalkan durasi proyek sekaligus mengendalikan biaya.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pimpinan proyek, percepatan tidak dilakukan dengan metode tumpang tindih pekerjaan karena adanya keterbatasan sumber daya manusia serta ketergantungan teknis antar pekerjaan. Beberapa pekerjaan tidak dapat dilaksanakan secara bersamaan karena harus mengikuti urutan kerja tertentu. Oleh karena itu, metode TCTO dipilih karena mampu mempercepat proyek tanpa mengubah urutan pekerjaan dan serta dapat mengendalikan biaya.

Selama tahap pelaksanaan proyek, berbagai risiko dapat muncul, seperti risiko yang berkaitan dengan waktu, biaya, dan kualitas proyek. Proyek konstruksi bangunan, sebagai bagian dari jasa konstruksi, secara inheren melibatkan beragam risiko sepanjang pelaksanaannya. Karena alasan ini, pemahaman yang jelas tentang risiko-risiko ini dan strategi manajemen risiko yang tepat sangat penting untuk memastikan bahwa kegiatan konstruksi berjalan sesuai rencana. Risiko proyek mengacu pada peristiwa atau kondisi yang tidak pasti yang, jika terjadi, dapat memiliki dampak positif atau negatif pada hasil proyek. Dalam praktiknya, banyak kontraktor masih memiliki kesadaran yang terbatas tentang risiko dan peluang yang ada dalam proyek dan cenderung memandang risiko hanya sebagai faktor negatif. Akibatnya, penting untuk mengidentifikasi risiko mana yang dapat dimitigasi dan peluang mana yang dapat dimanfaatkan untuk memberikan manfaat bagi kontraktor (Aulia, 2020).

Risiko dapat didefinisikan sebagai peristiwa yang tidak pasti yang berpotensi berdampak buruk pada suatu proyek. Risiko berkaitan dengan kemungkinan atau probabilitas terjadinya peristiwa yang berbeda dari yang diharapkan

semula, karena peristiwa di masa depan tidak dapat diprediksi dengan kepastian mutlak. Hasil dari suatu aktivitas atau peristiwa dapat menghasilkan kondisi yang menguntungkan atau tidak menguntungkan. Ketika hasilnya menguntungkan, hal itu dianggap sebagai peluang, sedangkan hasil yang tidak menguntungkan diklasifikasikan sebagai risiko. risiko proyek merupakan ukuran kemungkinan dan konsekuensi kegagalan mencapai tujuan proyek yang telah ditentukan. Setiap peristiwa risiko terdiri dari dua elemen utama : probabilitas terjadinya dan dampak yang ditimbulkannya, yang dapat menyebabkan kerugian, kerusakan, atau kehilangan (Kerzner, 2001).

*Fault Tree Analysis* (FTA) adalah suatu pendekatan yang dimanfaatkan untuk mengenali berbagai risiko yang berperan dalam terjadinya kegagalan. Metode ini termasuk dalam teknik analisis risiko yang menggunakan representasi grafis dan prinsip logika untuk menunjukkan hubungan serta kombinasi kejadian-kejadian dalam suatu sistem, baik yang dapat memicu kerusakan maupun yang mendukung keberlangsungan fungsi sistem. Tujuan utama FTA adalah menelusuri serta mengidentifikasi penyebab mendasar dari kegagalan sistem sehingga kemungkinan terjadinya kegagalan dapat ditekan. Penerapan metode ini dilakukan dengan pendekatan *top-down*, yaitu analisis dimulai dari peristiwa utama yang dianggap sebagai kegagalan, kemudian diuraikan secara bertahap hingga ditemukan faktor penyebab paling mendasar.

Studi ini meneliti strategi teknik *Time Cost Trade Off* (TCTO) untuk mempercepat pengembangan cluster Javelin dan meneliti faktor-faktor mendasar yang memengaruhi percepatan proyek.

Berikut adalah tujuan dari studi ini:

1. Untuk meneliti bagaimana pendekatan *Time Cost Trade Off* dapat digunakan untuk mempercepat pengembangan cluster Javelin.
2. Menggunakan metode *Time Cost Trade Off* untuk menemukan keseimbangan terbaik antara waktu penyelesaian proyek dan biaya yang timbul dari lembur yang lebih banyak dan tenaga kerja yang lebih besar.
3. Menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk menyelidiki penyebab utama percepatan proyek.

# STRATEGI PERCEPATAN PEMBANGUNAN CLUSTER JAVELIN PERUMAHAN CITRA SARI REGENCY MENGGUNAKAN TEKNIK TIME COST TRADE OFF (TCTO) DAN ANALISA AKAR PENYEBAB PERCEPATAN PROYEK

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Tahap pertama dalam menentukan, mendefinisikan, dan memahami permasalahan utama yang akan diteliti dalam studi ini adalah identifikasi masalah. Salah satu masalah utama dalam studi ini adalah inefisiensi biaya dan keterlambatan proyek dalam implementasi konstruksi cluster Javelin, yang mendorong owner untuk meminta percepatan 60 hari dari jadwal semula. Tujuannya adalah agar dengan mengidentifikasi masalah-masalah ini, solusi yang sesuai dan terukur dapat ditemukan, sehingga proyek dapat diselesaikan tepat waktu, sesuai anggaran, dan dengan kualitas yang terjaga.

### 1. Tahapan Penelitian

Tahapan melakukan analisa percepatan proyek dan analisa akar penyebab percepatan proyek membutuhkan beberapa tahapan, yaitu :

### 2. Studi Lapangan

Sebelum pelaksanaan penelitian, dilakukan studi lapangan guna memperdalam pemahaman terhadap topik yang diteliti. Studi lapangan ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan yang muncul secara langsung di lokasi penelitian. Data yang dikumpulkan dalam tahap ini meliputi Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan *time schedule*. Selain itu, studi lapangan juga dilengkapi dengan kajian pustaka untuk memperoleh landasan teoritis serta menemukan solusi yang relevan terhadap permasalahan yang ditemukan di lapangan.

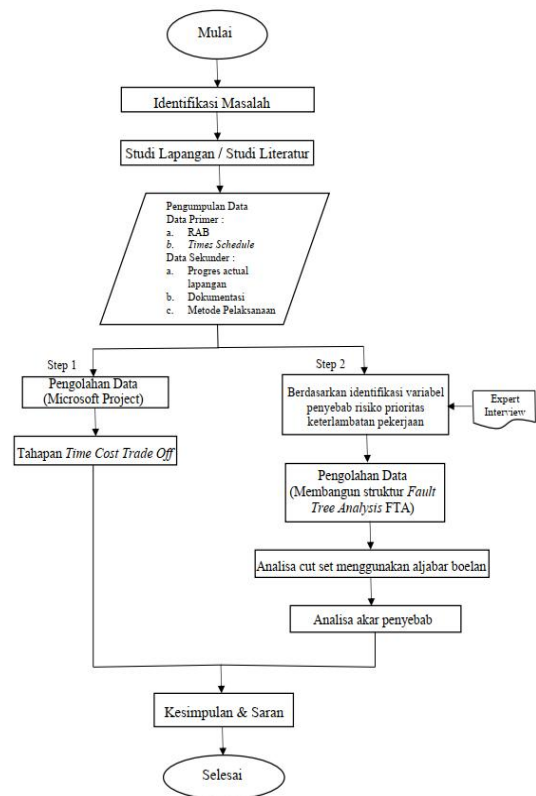
### 3. Pengumpulan Data

Analisis *Time Cost Trade Off* (TCTO) membutuhkan berbagai jenis data, termasuk data primer.

Pengamatan langsung di lokasi proyek dan wawancara dengan kontraktor dan pelaksana proyek digunakan untuk mengumpulkan data primer studi ini. Data yang dihimpun mencakup Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang digunakan sebagai dasar penentuan biaya pelaksanaan normal dan selanjutnya menjadi acuan dalam perhitungan biaya percepatan, serta data jadwal pelaksanaan proyek yang berfungsi sebagai referensi durasi proyek pada kondisi normal. Selain itu, wawancara dengan pihak terkait dilakukan untuk melengkapi dan memperkuat informasi yang diperoleh.

### Data Sekunder

Dalam penelitian ini, *progress* aktual di lapangan, dokumentasi pekerjaan, dan teknik implementasi merupakan contoh data sekunder.



**Gambar 1.** Bagan Alur Penelitian  
(Sumber : Olahan Peneliti, 2025)

### 4. Pengolahan Data dengan *Microsoft Project*

*Microsoft Project* 2019 digunakan sebagai alat kendali jadwal dan waktu untuk menilai perkembangan proyek melalui pembuatan baseline sebagai target perencanaan. Proses ini mencakup penetapan tanggal mulai-selesai, pengelompokan pekerjaan, penentuan durasi, hubungan antar-tugas, perencanaan sumber daya, penyusunan kalender kerja, hingga input data biaya. Selain itu, dilakukan *resource leveling* untuk mengantisipasi tumpang tindih penggunaan sumber daya, sehingga seluruh fase tugas dapat berjalan sesuai rencana yang telah ditetapkan (Avisha Gita Prafitasiwi, 2023)

### 5. Tahapan *Time Cost Trade Off* (TCTO)

Strategi *Time Cost Trade Off* (TCTO) digunakan untuk mengoptimalkan waktu proyek dengan menambahkan biaya minimal pada tugas-tugas di jalur penting, termasuk merekrut lebih banyak orang, memperpanjang jam kerja, atau mengubah teknik pembangunan. Alasan utama pemilihan TCTO dalam penelitian ini adalah kemampuannya melakukan evaluasi kuantitatif yang terukur, sangat efektif untuk proyek yang mengalami keterlambatan, lebih aman dalam menjaga logika dependensi antar-aktivitas, serta didukung oleh landasan literatur yang kuat.

# **STRATEGI PERCEPATAN PEMBANGUNAN CLUSTER JAVELIN PERUMAHAN CITRA SARI REGENCY MENGGUNAKAN TEKNIK TIME COST TRADE OFF (TCTO) DAN ANALISA AKAR PENYEBAB PERCEPATAN PROYEK**

Tahapannya dimulai dari identifikasi jalur kritis, penentuan durasi dan biaya normal/percepatan, penghitungan cost slope, hingga penyusunan grafik hubungan waktu-biaya yang paling efisien (Hasil Karya Ilmiah et al., 2022)

- **Identifikasi Variabel**

Proses identifikasi variabel bertujuan untuk menentukan faktor-faktor kunci yang memengaruhi keterlambatan atau hambatan dalam percepatan proyek pembangunan Cluster Javelin. Langkah ini dilakukan melalui pendekatan pengumpulan data primer dan sekunder, yang kemudian diperdalam melalui teknik wawancara ahli (*expert interview*). Hasil identifikasi ini menjadi landasan krusial untuk menganalisis variabel yang relevan sebelum melangkah ke tahap analisis risiko dan penyebab lebih lanjut.

- **Pengumpulan Data Primer dan Sekunder**

Data penelitian dikelompokkan menjadi dua kategori utama : Data primer diperoleh secara langsung melalui wawancara semi-terstruktur dengan pihak kontraktor pelaksana guna mengidentifikasi berbagai kendala yang terjadi di lapangan, seperti faktor cuaca, ketersediaan tenaga kerja, serta aspek manajerial proyek. Serta data sekunder yang berasal dari dokumen resmi proyek. Dokumen sekunder ini meliputi laporan kemajuan bulanan, dokumentasi pekerjaan di lapangan, serta jadwal pelaksanaan yang menjadi acuan dasar dalam melakukan perbandingan data.

- **Populasi Penelitian**

Populasi dalam penelitian ini didefinisikan sebagai seluruh subjek atau stakeholder yang memiliki karakteristik relevan dan terlibat langsung dalam pelaksanaan proyek pembangunan Cluster Javelin di Perumahan Citra Sari Regency. Seluruh pihak yang berkontribusi dalam rantai keputusan dan operasional proyek dijadikan landasan utama dalam penarikan kesimpulan penelitian untuk memastikan data yang diambil mencerminkan kondisi nyata di lapangan.

- **Sampel Penelitian**

Penentuan sampel dalam penelitian ini yaitu teknik pengambilan sampel *non probability*. Responden dipilih berdasarkan pengalaman kerja, posisi pekerjaan, dan kompetensi yang dianggap sesuai dan berhubungan langsung dengan fokus penelitian. Wawancara semi-terstruktur dilakukan kepada informan kunci seperti manajer proyek dan pengawas lapangan untuk mendapatkan informasi mendalam guna mendukung analisis *Fault Tree Analysis* (FTA). Seluruh proses wawancara direkam dan dicatat poin pentingnya guna menjamin validitas data

yang diperoleh sebagai representasi dari kondisi populasi.

## **6. Analisa Akar Penyebab Menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA)**

*Fault Tree Analysis* (FTA) digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab risiko prioritas melalui delapan tahapan sistematis, mulai dari penetapan tujuan, penentuan peristiwa puncak (*top event*), hingga evaluasi kualitatif. Melalui identifikasi *minimum cut set*, peneliti dapat memahami mekanisme terjadinya kegagalan pada proyek Cluster Javelin dengan memetakan hubungan antara peristiwa dasar dan faktor penyebab berdasarkan kajian literatur serta pendapat ahli. Analisis ini memberikan gambaran logis mengenai kombinasi kegagalan yang dapat memicu risiko utama dalam percepatan proyek.

- **MOCUS (*Method for Obtaining Cut Set*)**

Metode MOCUS digunakan sebagai algoritma dalam penentuan minimal *cut set* pada suatu sistem analisis, yaitu kombinasi elemen kegagalan terkecil yang jika terjadi bersamaan akan memicu *top event*. Analisis ini mengandalkan logika aljabar Boolean, seperti gerbang AND ( $\wedge$ ) yang mengharuskan semua komponen gagal dan gerbang OR ( $\vee$ ) yang hanya membutuhkan satu komponen gagal untuk menyebabkan kegagalan sistem. Dengan metode ini, jalur kritis kegagalan sistem dapat diidentifikasi secara akurat untuk memudahkan langkah mitigasi (Rosdianto et al., 2021).

## **Kesimpulan dan Saran**

Bagian akhir penelitian ini menyajikan rangkuman menyeluruh dari hasil pengolahan data, analisis percepatan proyek menggunakan TCTO, serta identifikasi akar penyebab kendala melalui FTA. Kesimpulan yang dihasilkan memberikan gambaran efektivitas percepatan proyek Cluster Javelin berdasarkan permintaan pemilik proyek, yang kemudian diikuti dengan saran praktis bagi pihak manajemen guna meningkatkan efisiensi waktu dan biaya pada proyek sejenis di masa yang akan datang.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **3.1 Pengumpulan Data**

Data yang digunakan dalam analisis *Time Cost Trade Off* (TCTO) terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh secara langsung dari pihak-pihak yang terlibat dalam pelaksanaan proyek, seperti Rencana Anggaran Biaya (RAB), yang digunakan sebagai acuan untuk penetapan biaya pelaksanaan normal dan sebagai dasar untuk perhitungan biaya percepatan. Sementara itu, data sekunder berasal dari jadwal pelaksanaan proyek, yang digunakan

# STRATEGI PERCEPATAN PEMBANGUNAN CLUSTER JAVELIN PERUMAHAN CITRA SARI REGENCY MENGGUNAKAN TEKNIK TIME COST TRADE OFF (TCTO) DAN ANALISA AKAR PENYEBAB PERCEPATAN PROYEK

sebagai referensi untuk menentukan durasi normal proyek.

## 3.2 Menentukan Normal Cost

Perhitungan normal biaya ini didasarkan pada informasi yang dikumpulkan dari kontraktor. Pembangunan Cluster Javelin di Perumahan Citra Sari Regency yang terdiri dari 28 unit, dengan biaya sebesar Rp.3,886,068,140.64, menurut perhitungan yang diberikan oleh kontraktor yang membangun proyek.

Table 1. Nilai Harga Pembangunan

No	Pekerjaan	Harga
I	PEK. PERSIAPAN	Rp 436,800,000.00
II	PEK. TANAH	Rp 89,821,200.00
III	PEK. PONDASI	Rp 360,222,520.00
IV	PEK. STRUKTUR	Rp 498,242,360.00
V	PEK. FINISHING	Rp 1,633,740,860.64
VI	PEK. SANITASI	Rp 406,280,000.00
VII	PEK. INSTALASI LISTRIK	Rp 237,860,000.00
VIII	PEK. ATAP	Rp 223,101,200.00
<b>TOTAL HARGA</b>		<b>Rp 3,886,068,140.64</b>

## 3.3 Menentukan Normal Duration

Diketahui untuk proyek Pembangunan Cluster Javelin Perumahan Citra Sari Regency dengan total 28 unit memakan waktu **824 hari**.

Menentukan Aktivitas Kritis (*Critical Path*) Pada tahap ini dilakukan analisis jalur kritis (*critical path analysis*) dengan memanfaatkan perangkat lunak *Microsoft Project*. *Critical path* adalah rangkaian aktivitas yang memiliki total durasi terlama dan nilai *slack/float* nol, sehingga aktivitas tersebut tidak boleh mengalami keterlambatan karena akan langsung memengaruhi waktu penyelesaian proyek.

Aktivitas yang termasuk dalam jalur kritis ditampilkan dengan warna merah, sedangkan aktivitas yang tidak termasuk dalam jalur kritis ditampilkan dengan warna biru.

Hasil analisis menunjukkan bahwa aktivitas pada jalur kritis memiliki nilai Total Slack sebesar nol, yang menandakan tidak ada toleransi keterlambatan pada aktivitas tersebut (Mudhoffar & Gita Prafitasiwi, 2024).

## 3.4 Analisa Time Cost Trade Off

Setelah didapatkan data-data diatas maka selanjutnya adalah melakukan percepatan dengan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO)

### 3.4.1 Alternatif Percepatan

Penelitian ini menggunakan penambahan tenaga kerja dan menambah jumlah jam lembur hingga maksimal tiga jam.

Alternatif ini dipilih karena mampu meningkatkan produktivitas aktivitas pada lintasan kritis secara langsung tanpa mengubah urutan kerja proyek, sehingga risiko konflik pekerjaan dan penurunan mutu relatif rendah. Sistem shift dan penambahan alat tidak digunakan karena produktivitasnya relatif lebih rendah, risiko keselamatan lebih tinggi, serta kurang efisien untuk proyek perumahan skala cluster (Sudianto et al., 2025)

Tujuan utama dari proses percepatan adalah memperoleh solusi yang paling efisien dari sisi waktu maupun biaya. Pada aspek tenaga kerja, percepatan dapat dilakukan melalui penambahan jumlah pekerja maupun penambahan jam kerja. Pelaksanaan percepatan difokuskan pada aktivitas yang berada di jalur kritis agar penurunan durasi secara langsung berdampak pada pengurangan waktu total proyek (Ramadhani & Prafitasiwi, 2025). Dalam penelitian ini digunakan dua alternatif skenario percepatan sebagai berikut:

### 1. Alternatif 1: Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Pada alternatif ini, upaya percepatan dilakukan dengan meningkatkan jumlah jam kerja sehari. Dengan penambahan tiga jam lembur, jam kerja normal semula 8 jam ditingkatkan menjadi 11 jam per hari, yaitu dari pukul 08.00 hingga 20.00. Diharapkan bahwa jumlah jam kerja yang ditambahkan ini akan mengurangi waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap aktivitas proyek. Perhitungan menunjukkan bahwa jam lembur setara dengan 80% produktivitas jam kerja normal.

### 2. Alternatif 2 : Penambahan Tenaga Kerja

Upaya percepatan dilaksanakan dengan menambahkan satu tim tenaga kerja tambahan guna meningkatkan kapasitas produksi. Peningkatan jumlah pekerja tersebut diharapkan dapat menaikkan produktivitas secara keseluruhan sehingga waktu penyelesaian pekerjaan menjadi lebih singkat.

### 3.4.2 Perhitungan Produktivitas Setelah Percepatan

Produktivitas setelah dilakukan percepatan dihitung dengan cara menjumlahkan produktivitas harian pada kondisi normal dengan tambahan produktivitas yang dihasilkan dari penerapan metode percepatan yang digunakan. Nilai produktivitas ini menggambarkan kemampuan penyelesaian volume pekerjaan per hari setelah penerapan strategi percepatan.

## STRATEGI PERCEPATAN PEMBANGUNAN CLUSTER JAVELIN PERUMAHAN CITRA SARI REGENCY MENGGUNAKAN TEKNIK TIME COST TRADE OFF (TCTO) DAN ANALISA AKAR PENYEBAB PERCEPATAN PROYEK

Perhitungan produktivitas dibedakan berdasarkan jenis percepatan yang diterapkan.

1. Penambahan Jam Lembur (Alternatif 1)  
Produktivitas Setelah Percepatan = Produktivitas Harian Normal + (Produktivitas Per Jam Normal × Efisiensi × Penambahan Jam Lembur)
2. Penambahan Tenaga Kerja (Alternatif 2)  
Produktivitas Setelah Percepatan = Produktivitas Harian Normal + (Produktivitas Per Orang × Penambahan Tenaga Kerja)

Sebagai contoh, pada pekerjaan pengukuran & bowplank dengan produktivitas normal 8.3 orang/hari dan jumlah tenaga kerja 10 orang,

1. Alternatif 1 : Penambahan Jam Lembur (3 jam, efisiensi 70%)  
Produktivitas setelah percepatan  
=  $8.3 + ((8.3/8 \text{ jam kerja}) \times 70\% \times 3 \text{ jam kerja})$   
= 29.3

2. Alternatif 2 : Penambahan Tenaga Kerja (3 Orang Tambahan)  
Produktivitas setelah percepatan  
=  $8.3 + (80 \times 3)$   
= 248.3

### 3.4.3 Crash Duration

*Crash duration* adalah durasi tercepat yang dapat dicapai suatu aktivitas proyek ketika dilakukan percepatan dengan cara menambah sumber daya, tenaga kerja, atau biaya tambahan. Perhitungan *crash duration* dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak waktu yang dapat dipangkas dari durasi normal suatu pekerjaan.

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas Normal} + \text{Produktivitas Percepatan}}$$

Sebagai ilustrasi, pada Pekerjaan Pengukuran & Bowplank dengan volume 1.680 Ls, diperoleh hasil sebagai berikut:

- Produktivitas Percepatan (penambahan 3 tenaga kerja) = 248.3
- $\text{Crash Duration} = \frac{1.680}{248.3} = 7 \text{ Hari}$

Dengan demikian, terjadi percepatan durasi sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Hasil Crash Duration} \\ &= \text{Durasi Normal} - \text{Crash Duration} \\ &= 21 \text{ Hari} - 7 \text{ Hari} = 14 \text{ Hari} \end{aligned}$$

- Produktivitas Percepatan (penambahan jam lembur)  
=  $8.3 (\text{Produktivitas Normal}) \times 70\% \times 3 \text{ jam}$   
= 29.3

- $\text{Crash Duration} = \frac{1.680}{29.3} = 15 \text{ Hari}$

Percepatan durasi sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Hasil Crash Duration} \\ &= \text{Durasi Normal} - \text{Crash Duration} \\ &= 21 \text{ Hari} - 15 \text{ Hari} = 6 \text{ Hari} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada aktivitas pengukuran dan bowplank, penambahan tenaga kerja mampu mempercepat durasi dari 21 hari menjadi 14 hari, sehingga terjadi percepatan sebesar 7 hari. Sementara itu, penambahan jam lembur lebih efektif karena mampu memangkas durasi hingga menjadi 6 hari. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penambahan jam lembur memberikan dampak percepatan yang lebih signifikan dibandingkan dengan penambahan tenaga kerja pada aktivitas ini.

### 3.4.4 Perhitungan Crash Cost

*Crash cost* merupakan tambahan biaya yang diperlukan untuk mempercepat pelaksanaan suatu aktivitas proyek, yaitu dengan mempersingkat durasi kerja dari kondisi normal (*normal duration*) menjadi durasi yang telah dipercepat (*crash duration*). Peningkatan biaya ini terjadi karena percepatan pekerjaan biasanya menimbulkan konsekuensi berupa penambahan lembur, penambahan tenaga kerja. Oleh sebab itu, *crash cost* menggambarkan hubungan antara percepatan durasi dengan konsekuensi biaya tambahan yang harus ditanggung proyek.

1. Percepatan dengan menambah jam lembur  
 $\text{Crash Cost} = \text{Gaji Tenaga Kerja Per Jam} \times \text{Banyak Tenaga Kerja} \times \text{Jam Lembur} \times \text{Durasi Crashing}$
2. Percepatan dengan menambah tenaga kerja  
 $\text{Crash Cost} = \text{Gaji Tenaga Kerja Per Jam} \times \text{Banyak Tenaga Kerja} \times \text{Durasi Crashing}$

Sebagai ilustrasi, berikut contoh perhitungan biaya crash pada pekerjaan pengukuran dan bowplank :

Alternatif 1 : Penambahan Jam Lembur  
 $\text{Crash Cost} = \text{Rp. } 18.125 \times 3 \text{ Orang} \times 3 \text{ Jam} \times 15 \text{ Hari}$   
= Rp 2,506,554.88

Alternatif 2 : Penambahan Tenaga Kerja  
 $\text{Crash Cost} = \text{Rp. } 145.000 \times 3 \text{ Orang} \times 7 \text{ Hari}$   
= Rp. 2,942,818.79

**STRATEGI PERCEPATAN PEMBANGUNAN CLUSTER JAVELIN PERUMAHAN CITRA SARI REGENCY MENGGUNAKAN TEKNIK TIME COST TRADE OFF (TCTO) DAN ANALISA AKAR PENYEBAB PERCEPATAN PROYEK**

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada pekerjaan pengukuran dan bowplan penambahan jam lembur membutuhkan biaya tambahan sebesar Rp2,506,554.88, sedangkan penambahan tenaga kerja membutuhkan Rp 2,942,818.79. Oleh karena itu, skenario lembur lebih hemat biaya daripada menambah tenaga kerja untuk aktivitas ini.

**3.4.5 Cost Slope**

*Cost slope* adalah alat penting dalam manajemen proyek yang membantu dalam pengambilan keputusan tentang pengendalian biaya dan percepatan aktivitas. Dengan menggunakan analisis *cost slope*, istilah yang digunakan dalam manajemen proyek untuk merujuk pada peningkatan biaya langsung yang diperlukan agar suatu aktivitas dapat dipercepat per unit waktu, Dimana sasaran utamanya adalah menyelesaikan proyek dengan lebih cepat sambil meminimalkan biaya.

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{Hasil Crashing Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Hasil Crash Duration}}$$

Sebagai contoh, pada pekerjaan pengukuran & bowplank dengan skenario penambahan jam lembur diperoleh :

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{Rp. 439,306,554.88} - \text{Rp. 436,800,000.00}}{21 - 15} = \text{Rp. 444,886.36}$$

Hasil ini menjadi dasar pertimbangan dalam menentukan aktivitas mana yang sebaiknya diprioritaskan untuk percepatan, agar tetap efisien dari sisi biaya maupun waktu

**3.4.6 Perhitungan Direct Cost, Indirect Cost & Biaya Total**

Pada tahap ini percepatan proyek dilakukan dengan mempercepat aktivitas proyek dengan *cost slope* terkecil. Yang dilakukan berurutan dari *cost slope* yang terkecil sampai yang terbesar sampai menyentuh waktu yang diharapkan. Kemiringan biaya digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas yang sebaiknya dipercepat dalam proyek, khususnya pada lintasan kritis, sehingga biaya tambahan dapat dikurangi sambil tetap mencapai target waktu yang ditetapkan. Biaya langsung (*direct cost*) setelah percepatan dihitung dengan menambahkan biaya tambahan yang berasal dari *cost slope* berdasarkan jumlah hari percepatan,

Rumus perhitungan biaya langsung setelah percepatan adalah sebagai berikut:  
Biaya Langsung = Total Anggaran + (*Cost Slope* x Jumlah hari yang dipercepat)

Sebagai ilustrasi, berikut contoh perhitungan biaya langsung pada pekerjaan pemasangan Lisplang dengan alternatif penambahan jam lembur:

$$\begin{aligned} \text{Biaya Langsung} &= \text{Rp } 3,886,068,140.64 + (\text{Rp. } 71,404.92 \times 2 \text{ Hari}) \\ &= \text{Rp } 3,886,210,950.49 \end{aligned}$$

Selain biaya langsung, proyek juga memiliki biaya tidak langsung (*Indirect Cost*). Biaya tidak langsung ini adalah biaya yang tidak terkait langsung dengan aktivitas proyek tetapi masih diperlukan untuk beroperasi secara efektif. Untuk mendukung analisis total biaya percepatan, biaya dikonversi menjadi biaya per hari.

**Table 2. Indirect Cost**

<i>Indirect Cost</i>	
Uraian	Jumlah
Site Ope rasional	Rp 494,400.00
Overhead Perusahaan	Rp 116,582,044.22
<b>Total Indirect Cost</b>	Rp 117,076,444.22
<b>Per-Hari</b>	Rp 142,083.06

Total biaya proyek merupakan hasil akumulasi antara biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*). Percepatan pelaksanaan proyek pada umumnya dapat menyebabkan peningkatan biaya langsung, namun di sisi lain berpotensi menekan biaya tidak langsung seiring dengan berkurangnya durasi proyek. Oleh karena itu, pengendalian kedua jenis biaya tersebut menjadi hal yang sangat penting agar upaya percepatan tetap berjalan secara efisien, terhindar dari pembengkakan anggaran, serta memastikan proyek dapat diselesaikan sesuai dengan target waktu dan biaya yang telah direncanakan.

Rumus perhitungan biaya total adalah sebagai berikut:

$$\text{Biaya Total} = \text{Direct Cost} + \text{Indirect Cost}$$

Sebagai contoh, pada pekerjaan pintu jendela depan dengan metode penambahan jam lembur diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Biaya Total} &= \text{Rp } 3,887,576,717.63 + (\text{Rp. } 142.083 \times 811 \text{ Hari}) \\ &= \text{Rp } 4,002,806,082.02 \end{aligned}$$

Hasil ini menunjukkan bahwa percepatan pekerjaan pemasangan pintu jendela depan menghasilkan total biaya sebesar Rp 4,002,806,082.02. Angka tersebut lebih tinggi dibandingkan biaya normal sebesar Rp 3,886,068,140.64, namun diimbangi dengan pengurangan durasi proyek dari 824 hari menjadi 811 hari. Dengan demikian, metode penambahan jam lembur dinilai lebih efisien karena tambahan biaya yang relatif kecil mampu menghasilkan

# STRATEGI PERCEPATAN PEMBANGUNAN CLUSTER JAVELIN PERUMAHAN CITRA SARI REGENCY MENGGUNAKAN TEKNIK TIME COST TRADE OFF (TCTO) DAN ANALISA AKAR PENYEBAB PERCEPATAN PROYEK

penghematan waktu yang signifikan, sehingga proyek dapat diselesaikan lebih cepat tanpa menimbulkan pembengkakan anggaran yang berlebihan.

### 3.4.7 Hasil dan Pembahasan Analisa Time Cost Trade Off (TCTO)

Dipercepatnya suatu proyek bukan hanya mempengaruhi durasi proyek tersebut melainkan juga dapat mempengaruhi aspek biaya-biaya yang ada didalam proyek itu sendiri. Dalam proyek Pembangunan Cluster Javelin di perumahan citra sari regency jika dihiitung memiliki durasi normal 824 hari dengan anggaran sebesar 3,886,068,140.64 Sedangkan permintaan owner proyek di percepat 60 hari.

Dalam upaya mempercepat pelaksanaan proyek, Dua pilihan yang dapat diambil untuk mempercepat pelaksanaan proyek adalah menambah jam kerja lembur dan meningkatkan jumlah tenaga kerja.

Alternatif penambahan jam lembur 3 jam dapat selesai dalam waktu 765 hari dengan total harga sebesar Rp.4,007,280,642.83 dengan nilai optimal sebesar Rp.4,002,806,082.02 dan untuk alternatif dengan menambah tenaga kerja dapat selesai dalam waktu 766 hari dengan total harga sebesar Rp.4,053,700,421.80 dengan nilai optimal sebesar Rp. 4,003,116,998.66

Dari hasil percepatan 2 alternatif diatas maka dipilih alternatif dengan penambahan jam lembur karena *cost* nya lebih rendah dengan selisih Rp 46,419,778.97 dan juga lebih cepat selisih 1 hari dibandingkan penambahan tenaga kerja. Jadi untuk proyek Pembangunan Cluster javelin perumahan citra sari regency menggunakan alternatif percepatan dengan penambahan jam lembur.

### 3.5 Analisa Akar Penyebab Percepatan dengan Metode Fault Tree Analysis

Metode *Fault Tree Analysis* (FTA), yang merupakan teknik analisis yang berbasis pada logika deduktif, digunakan untuk menganalisis permintaan untuk mempercepat proyek selama dua bulan dari durasi awal sebesar 824 hari. FTA digunakan untuk menganalisis hubungan sebab-akibat yang dapat menyebabkan suatu peristiwa penting selama pelaksanaan proyek.

#### Tahapan Pembentukan Variabel FTA

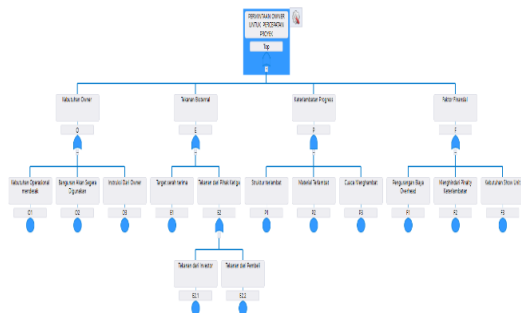
1. Menentukan Top Event
2. Menetapkan kejadian utama yang dianalisis berdasarkan permasalahan proyek.
3. *Brainstroming* dengan *Expert*
4. Menggali faktor-faktor penyebab melalui diskusi dan wawancara dengan *expert* yang terlibat langsung dalam proyek.

5. Pengelompokan Penyebab
6. Mengelompokkan hasil brainstorming ke dalam variabel utama (tenaga kerja, metode, material, alat, manajemen, lingkungan).
7. Identifikasi penyebab dasar
8. Menguraikan setiap variabel utama menjadi penyebab paling dasar (basic event).
9. Memvalidasi dan Finalisasi variabel
10. Memvalidasi variabel dengan literatur dan konfirmasi expert sebelum disusun dalam struktur Fault Tree Analysis.

#### 1. Fault tree Analysis (FTA)

Dalam penelitian ini, hasil wawancara dengan ahli pelaksanaan proyek konstruksi digunakan untuk menentukan penyusunan struktur FTA. Hasil ini kemudian disusun dalam hirarki utama peristiwa, kategori penyebab, dan *basic events*.

*Top Event* : Permintaan Owner untuk Percepatan Proyek



Gambar 2. Fault Tree Analysis

Hasil analisis *Minimum Cut Set* menunjukkan terdapat 10 jalur minimal yang dapat menyebabkan terjadinya Top Event (permintaan percepatan proyek), yaitu {(O1), (O2), (O3), (E1), (E21), (E22), (P1,P2,P3), (F1), (F2), dan (F3)}. Sebagian besar *cut set* merupakan *cut set* tunggal, yang berarti satu kejadian saja sudah cukup untuk memicu percepatan proyek. Hal ini menunjukkan bahwa percepatan proyek sangat sensitif terhadap keputusan owner, tekanan eksternal, dan faktor finansial.

Sementara itu, faktor keterlambatan progres lapangan hanya memicu percepatan apabila tiga kondisi terjadi secara bersamaan, yaitu keterlambatan struktur, keterlambatan material, dan cuaca yang menghambat. Dengan demikian, faktor teknis tidak langsung memicu percepatan jika tidak terjadi secara bersamaan.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa pemicu utama percepatan proyek lebih dominan berasal dari faktor non-teknis, yaitu owner, pihak eksternal, dan keuangan. Oleh karena itu, pengendalian percepatan proyek perlu difokuskan pada

## **STRATEGI PERCEPATAN PEMBANGUNAN CLUSTER JAVELIN PERUMAHAN CITRA SARI REGENCY MENGGUNAKAN TEKNIK TIME COST TRADE OFF (TCTO) DAN ANALISA AKAR PENYEBAB PERCEPATAN PROYEK**

pengelolaan keputusan owner, komunikasi dengan investor dan pembeli, serta pengendalian aspek finansial, disertai peningkatan pengelolaan progres di lapangan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian oleh (Sambasivan Murali, 2007) mengenai penyebab keterlambatan proyek konstruksi, yang menyatakan bahwa faktor-faktor seperti keputusan owner, masalah manajemen, tekanan eksternal, dan kondisi finansial merupakan penyebab dominan dalam perubahan jadwal pekerjaan proyek. Dalam penelitian tersebut juga dijelaskan bahwa masalah teknis di lapangan umumnya hanya menjadi pemicu utama apabila terjadi secara bersamaan dan menimbulkan dampak besar terhadap jadwal proyek. Persamaan dengan hasil penelitian ini terletak pada dominannya peran faktor non-teknis sebagai penentu utama perubahan waktu pelaksanaan proyek.

Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat temuan penelitian sebelumnya bahwa pengambilan keputusan terkait percepatan proyek tidak hanya ditentukan oleh kondisi teknis, tetapi lebih dipengaruhi oleh kebijakan owner, tekanan eksternal, dan pertimbangan finansial. Oleh karena itu, strategi pengendalian percepatan proyek seharusnya tidak hanya difokuskan pada aspek teknis lapangan, tetapi juga pada pengelolaan komunikasi dengan owner, investor, dan pembeli, serta pengendalian risiko finansial secara menyeluruh.

### **4. KESIMPULAN**

#### **Kesimpulan**

Hasil dari analisis percepatan pembangunan Cluster Javelin Perumahan Citra Sari Regency yang menggunakan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) dan analisis akar penyebab menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA)

Menunjukkan bahwa penerapan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) adalah strategi yang efektif untuk mempercepat proyek pembangunan Cluster Javelin sambil mempertahankan keseimbangan. Hasil analisis menunjukkan bahwa ada dua opsi untuk mempercepat proyek. Yang pertama adalah menambah jam kerja, yang dikenal sebagai lembur, dan yang kedua adalah menambah tenaga kerja ke aktivitas yang berada pada jalur kritis. Sesuai dengan target percepatan yang diminta oleh pemilik, yaitu lebih cepat dari jadwal biasa, percepatan ini dapat mengurangi lama proyek.

Hasil percepatan 2 alternatif diatas maka dipilih alternatif dengan penambahan jam lembur karena cost nya lebih rendah dengan selisih Rp 46,419,778.97 dan juga lebih cepat selisih 1 hari dibandingkan penambahan tenaga kerja. Jadi

untuk proyek Pembangunan Cluster javelin perumahan citra sari regency menggunakan alternatif percepatan dengan penambahan jam lembur.

Hasil analisis *Minimum Cut Set* menunjukkan terdapat 10 jalur minimal yang dapat menyebabkan terjadinya *Top Event* (permintaan percepatan proyek), yaitu {(O1), (O2), (O3), (E1), (E21), (E22), (P1,P2,P3), (F1), (F2), dan (F3)}. Sebagian besar *cut set* merupakan *cut set* tunggal, yang berarti satu kejadian saja sudah cukup untuk memicu percepatan proyek. Hasil analisis *Minimum Cut Set* menunjukkan bahwa percepatan proyek lebih dominan dipicu oleh faktor non-teknis, yaitu keputusan owner, tekanan eksternal, dan faktor finansial.

Dengan menggunakan metode TCTO yang dikombinasikan dengan analisis FTA, diperoleh gambaran yang lebih menyeluruh baik dari sisi perhitungan teknis waktu dan biaya, maupun dari sisi manajemen risiko proyek, sehingga dapat membantu pengambilan keputusan percepatan proyek secara lebih tepat.

Berdasarkan hasil evaluasi percepatan proyek dengan pendekatan *Time Cost Trade Off* (TCTO) serta analisis penyebab utama menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) pada proyek pembangunan Cluster Javelin Perumahan Citra Sari Regency, maka rekomendasi yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian mendatang disarankan untuk meninjau dan membandingkan metode percepatan proyek selain TCTO, serta mengembangkan analisis risiko berbasis kuantitatif agar diperoleh pemahaman yang lebih luas dan hasil kajian yang lebih mendalam.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan rujukan dalam bidang manajemen konstruksi, khususnya terkait penerapan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) pada proyek pembangunan perumahan.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Aulia, P. (2020). *ANALISA RISIKO KEMACETAN JALAN RAYA AKIBAT PROBLEM PADA KENDARAAN BERAT*.
- Avisha Gita Prafitaswi. (2023). dedikasimu,+Journal+editor,+199-206+Avisha+Teknik+Sipil. *Journal of Community Service*, 5.
- Destiane Aulia, A., Fauzi, A., & Purnamasari, R. (2024). Perhitungan Percepatan Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off

**STRATEGI PERCEPATAN PEMBANGUNAN CLUSTER JAVELIN PERUMAHAN CITRA SARI REGENCY MENGGUNAKAN TEKNIK TIME COST TRADE OFF (TCTO) DAN ANALISA AKAR PENYEBAB PERCEPATAN PROYEK**

- (TCTO) pada Pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung Laboratorium dan Perkuliahan UPN “Veteran” Jawa Timur. *TEKNIK ITS*, 2–3.
- Dharwati, P. S., Purwanto, H., & Purnama, H. (2024). *Manajemen Proyek Infrastruktur* (sri Gusty, Ed.).
- Hasil Karya Ilmiah, J., Prawiro Utomo Sadewo, -Fadjri, Amiruddin, W., & Kapal -Kapal Kecil Perikanan, L. (2022). JURNAL TEKNIK PERKAPALAN Optimasi Percepatan Pada Proyek Reparasi KM Fajar Bahari V Dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 10(2), 77. [https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/na\\_val](https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/na_val)
- Kerzner, H. (2001). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*.
- Ramadhani, M. I., & Prafitasiwi, A. G. (2025). Analisis Percepatan Proyek Pembangunan Jalan Beton Tahap II Di Perumahan Citra Sari Regency Dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) Acceleration Analysis Of Phase II Concrete Road Construction Project In Citra Sari Regency Housing With Time Cost Trade Off (TCTO) Method. *Jurnal Teknik Sipil Dan Rekayasa*, 2(1), 2025. <https://doi.org/10.30587/jtsl.v2i1>
- Rosdianto, M. A., Suef, M., Angreni, E., Penyebab, A. P., Keterlambatan, P., & Apartemen, P. (2021). ANALISIS PERISTIWA PENYEBAB PADA KETERLAMBATAN PROYEK APARTEMEN.
- Sudianto, T., Mahendra, M. O., Putra, A. F. S., & Qishas, H. F. (2025). Optimalisasi Waktu dan Biaya dengan Penambahan Jam Kerja Lembur 3 Jam dan Shift Kerja. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 8(2), 1833–1841. <https://doi.org/10.31004/jutin.v8i2.43941>
- Vebiola, N. E., & Waskito, J. P. H. (2020). ANALISIS OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA DENGAN METODE TIME COST TRADE OFF . *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 113.
- Mudhoffar, F., & Gita Prafitasiwi, A. (2024). Pengendalian Waktu dan Biaya pada Proyek Gedung TPQ 2 Lantai dengan Metode TIME COST TRADE OFF (TCTO) Optimization of Time and Cost Control in the TPQ Building Project Using TIME COST TRADE OFF (TCTO) Method <http://ejournal.ft.umg.ac.id/index.php/jtk> (Vol. 01, Issue 1).