Research Review
Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Vol. 4, No. 2, September 2025 ISSN: 29622743

Analisis Percepatan Waktu Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) Pada Proyek Preservasi Jalan (Studi Kasus: Preservasi Jalan Ruas Biluhu Barat – Gorontalo)

(*Analysis Using the Time Cost Trade Off (TCTO) Method on Road Preservation Project (Case Study: Biluhu Barat – Gorontalo Road Segment)*

Winarsi Junizar Paputungan[1], Arfan Usman Sumaga[2], Moh. Yusuf Tuloli [3]
[1,2,3]Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo
winapaputungan634@gmail.com[1], arfansumaga@ung.ac.id [2], mohammad.tuloli@ung.ac.id[3]

Article Info

Article history:

Received: 1 September 2025
Revised: 23 September 2025
Accepted: 24 September 2025

Keywords:

Time Cost Trade Off
Critical Path
Microsoft Project
Time and Cost Efficiency

Kata Kunci:
Perdagangan biaya waktu
Lintasan kritis
Microsoft project
Efisiensi waktu dan biaya

Abstract

This research aimed to analyze the acceleration of project execution time using the Time Cost Trade Off (TCTO) method on the road preservation project of the Biluhu Barat – Gorontalo segment. Delays in construction projects may result in negative impacts on time, cost, and work quality. Therefore, acceleration strategies are required to reduce project duration without compromising cost efficiency. The TCTO method was applied through simulations involving overtime work and the addition of heavy equipment for activities located on the critical path. The data analyzed in this research included the time schedule, Budget Plan (RAB), and Unit Price Analysis (AHSP). Simulations were conducted on 7 critical path work items using Microsoft Project 2021 software. The analysis results indicate that applying the Time Cost Trade Off method with additional overtime hours led to both time and cost efficiency. The project cost under the 1-hour overtime alternative was recorded at IDR 42,011,519,325.19 with a duration of 146 days; for 2-hour overtime, the cost was IDR 42,190,670,502.55 with a duration of 142 days; for 3-hour overtime, the cost reached IDR 42,389,837,881.99 with a duration of 140 days; and for 4-hour overtime, the total cost was IDR 42,624,339,782.86 with a duration of 138 days.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis percepatan waktu pelaksanaan proyek dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) pada proyek preservasi jalan ruas Biluhu Barat – Gorontalo. Permasalahan keterlambatan dalam proyek konstruksi dapat menimbulkan dampak negatif terhadap waktu, biaya, dan mutu pekerjaan. Oleh karena itu, diperlukan strategi percepatan yang dapat mengurangi durasi proyek tanpa mengabaikan efisiensi biaya. Metode TCTO diterapkan dengan melakukan simulasi penambahan jam kerja lembur serta penambahan alat berat pada item pekerjaan yang berada di jalur kritis. Data yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi *time schedule*, Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP). Simulasi dilakukan pada 7 item pekerjaan jalur kritis menggunakan perangkat lunak *Microsoft Project* 2021. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan metode *Time Cost Trade Off* dengan penambahan jam lembur, proyek mengalami efisiensi biaya dan waktu. Biaya proyek dalam alternatif penambahan 1 jam kerja lembur tercatat sebesar Rp42.011.519.325,19 dengan durasi 146 hari, 2 jam lembur Rp42.190.670.502,55 dengan durasi 142 hari, 3 jam lembur Rp42.389.837.881,99 dengan durasi 140 hari, dan 4 jam lembur total biaya

Rp42.624.339.782,86 dengan durasi 138 hari.

Corresponding Author:

Winarsi Junizar Paputungan
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Gorontalo
winapaputungan634@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Preservasi jalan merupakan bagian penting dalam siklus hidup infrastruktur jalan yang bertujuan untuk menjaga kondisi jalan agar tetap layak digunakan serta memperpanjang umur layan jalan tersebut (Priyadi, 2022). Siahay et al. (2023) menyatakan bahwa di Indonesia, proyek preservasi jalan terus digencarkan sebagai upaya mendukung kelancaran transportasi, konektivitas antarwilayah, serta peningkatan pertumbuhan ekonomi. Namun, pelaksanaan proyek sering kali dihadapkan pada tantangan keterlambatan waktu yang berdampak pada efisiensi biaya, mutu pekerjaan, dan kepuasan pemangku kepentingan. Salah satu tantangan utama dalam proyek konstruksi, termasuk proyek preservasi jalan, adalah pengendalian waktu pelaksanaan (Bima et al., 2024; Putra, 2025). Keterlambatan proyek dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti cuaca, ketersediaan sumber daya, perubahan desain, hingga kurangnya perencanaan waktu yang optimal (Dwiantoro et al., 2024; Dirgiantara & Sutantiningrum, 2024). Oleh karena itu, diperlukan metode yang mampu mengantisipasi dan mengelola waktu pelaksanaan agar proyek dapat selesai sesuai jadwal atau bahkan lebih cepat tanpa mengabaikan efisiensi biaya.

Metode Time Cost Trade Off (TCTO) merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk menganalisis percepatan waktu pelaksanaan proyek dengan mempertimbangkan dampaknya terhadap biaya (Klau & Tjendani, 2024). Melalui metode ini, manajer proyek dapat menentukan kombinasi durasi dan biaya yang paling efisien melalui opsi percepatan seperti penambahan tenaga kerja, jam kerja lembur, atau penambahan alat berat (Muin et al., 2024; Priyo & Aulia, 2015). Teori lintasan kritis (Critical Path Method/CPM) menjadi dasar dalam penerapan TCTO karena setiap upaya percepatan hanya akan berdampak signifikan apabila dilakukan pada aktivitas yang berada pada lintasan kritis (Anenda, 2020; Ramadhani & Prafitasiwi. 2025). Konsep crashing atau schedule compression digunakan untuk mempersingkat durasi proyek, di mana percepatan pelaksanaan biasanya diiringi oleh kenaikan biaya, sehingga diperlukan keseimbangan optimal antara keduanya.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode TCTO telah banyak diterapkan pada proyek konstruksi di Indonesia, termasuk dalam proyek jalan (Prameswari et al., 2025). Salindeho, Pratasis, dan Sumanti (2022) misalnya, menerapkan metode TCTO pada proyek peningkatan ruas Jalan Tondano–Kembes–Manado Seksi II dengan alternatif penambahan jam kerja lembur, dan hasilnya terbukti efektif mempercepat proyek dengan kenaikan biaya yang masih dalam batas optimal. Penelitian lain oleh Iwawo, Tjakra, dan Pratasis (2016) pada proyek peningkatan Jalan Molompar Utara–Wawali Pasan menunjukkan bahwa percepatan durasi dari 67 hari menjadi 59 hari dapat dicapai melalui strategi lembur dengan biaya tambahan yang relatif terkendali. Studi serupa juga dilakukan pada proyek preservasi Jalan Sp. Gunung Kemala–Sanggi yang menunjukkan bahwa meskipun hanya dengan penambahan satu jam lembur, proyek dapat diselesaikan lebih cepat tanpa mengorbankan mutu (Irawan & Juara, 2022; Nasution & Kurniawan, 2021). Selain itu, penelitian Sakti dan Rachmawati (2023) mengenai proyek preservasi jalan dan jembatan Gempol–Pasuruan–Probolinggo membuktikan bahwa penerapan TCTO mampu memberikan alternatif percepatan durasi yang signifikan dengan biaya tambahan yang masih efisien.

Ruas Jalan Biluhu Barat–Gorontalo sebagai bagian dari jaringan jalan nasional memiliki peran strategis dalam mendukung mobilitas masyarakat dan distribusi logistik di Provinsi Gorontalo. Mengingat pentingnya ruas jalan ini, percepatan waktu pelaksanaan proyek preservasinya menjadi hal yang krusial untuk meminimalisir gangguan lalu lintas dan mencegah pembengkakan biaya akibat keterlambatan. Penelitian ini akan berfokus pada penerapan metode Time Cost Trade Off dalam menganalisis alternatif percepatan durasi pekerjaan, sehingga diharapkan dapat menghasilkan kombinasi waktu dan biaya yang paling efisien serta memberikan kontribusi praktis bagi manajemen proyek infrastruktur jalan di Gorontalo.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan ruas Jalan Biluhu Barat – Kota Gorontalo – Limboto – Isimu, dengan fokus pada ruas Biluhu Barat. Objek penelitian ini adalah item pekerjaan yang terdapat di ruas tersebut, yang telah ditandai dari data time schedule proyek secara keseluruhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya keterlambatan proyek dengan menggunakan metode time cost trade off.

Penelitian percepatan proyek menggunakan alat dan bahan seperti aplikasi program Microsoft Project (MS Project), Microsoft Excel (MS Excel) dan perangkat keras laptop. Pengolahan atau analisis data menggunakan metode penjadwalan Critical Path Methode (CPM) dengan mempergunakan program Microsoft Project untuk menentukan waktu pelaksanaan proyek.

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah metode deskriptif dengan pendekatan studi kasus yang berfokus pada proyek pembangunan ruas Jalan Biluhu Barat–Kota Gorontalo–Limboto–Isimu, khususnya pada segmen ruas Biluhu Barat. Pemilihan metode deskriptif didasarkan pada tujuan penelitian untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai kondisi lapangan, data time schedule proyek, serta alternatif percepatan yang dapat dilakukan melalui pendekatan time cost trade off (TCTO). Pendekatan studi kasus dipilih karena penelitian ini terikat pada objek tertentu, yaitu proyek preservasi jalan yang sedang berjalan, sehingga hasil analisis diharapkan mampu memberikan solusi teknis yang sesuai dengan konteks nyata.

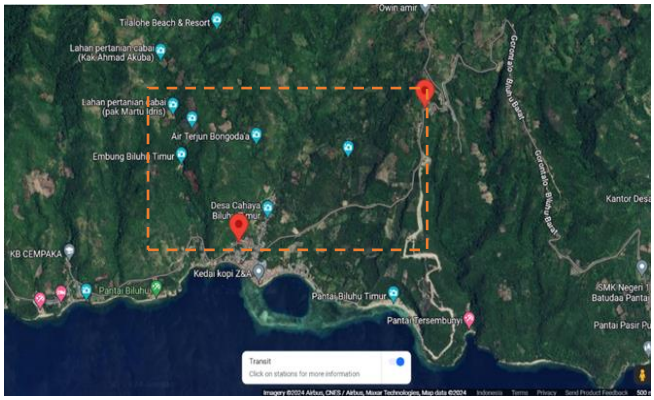
Prosedur pelaksanaan penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap awal dimulai dengan pengumpulan data dari dokumen proyek berupa jadwal pelaksanaan (time schedule), rencana anggaran biaya (RAB), serta data teknis pekerjaan pada ruas Biluhu Barat. Data ini kemudian ditelusuri untuk mengidentifikasi item pekerjaan yang berada pada lintasan kritis dan berpotensi mengalami keterlambatan. Selanjutnya dilakukan pengolahan data menggunakan metode penjadwalan *Critical Path Method* (CPM) dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Project. Hasil dari analisis CPM digunakan sebagai dasar untuk menguji alternatif percepatan dengan metode TCTO melalui simulasi penambahan sumber daya, jam lembur, atau penyesuaian durasi kerja.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perangkat keras berupa laptop sebagai sarana utama pengolahan data, serta perangkat lunak Microsoft Project (MS Project) untuk penjadwalan proyek dan Microsoft Excel (MS Excel) untuk mendukung analisis numerik dan perhitungan biaya. Media pendukung berupa dokumen resmi proyek seperti kontrak kerja, time schedule, dan laporan progres mingguan dijadikan acuan dalam proses analisis. Instrumen penelitian yang digunakan berupa lembar observasi, data time schedule, dan formulir perhitungan durasi-biaya yang dikembangkan berdasarkan prinsip TCTO, sehingga setiap alternatif percepatan dapat dihitung efisiensinya secara sistematis.

Rancangan penelitian ini menggunakan desain analisis kuantitatif-deskriptif. Penelitian ini tidak menggunakan populasi dalam arti luas, melainkan berfokus pada sampel terbatas berupa item pekerjaan konstruksi yang terdapat di ruas Biluhu Barat dan tercantum dalam dokumen penjadwalan proyek. Pemilihan sampel dilakukan secara purposive, yaitu hanya pada aktivitas-aktivitas yang berada di lintasan kritis dan berpengaruh langsung terhadap durasi keseluruhan proyek. Dengan demikian, sasaran penelitian tidak mencakup seluruh pekerjaan, tetapi hanya pekerjaan yang relevan dengan analisis percepatan waktu dan biaya.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui studi dokumen dan observasi lapangan. Studi dokumen digunakan untuk memperoleh data teknis, jadwal proyek, dan perhitungan biaya, sedangkan observasi lapangan dilakukan untuk memverifikasi kesesuaian antara data dengan kondisi aktual di lokasi proyek. Pengembangan instrumen penelitian dilakukan dengan menyesuaikan format lembar perhitungan durasi-biaya pada metode TCTO, sehingga data yang terkumpul dapat langsung diolah untuk analisis.

Teknik analisis data dilakukan dalam dua tahap utama. Tahap pertama adalah analisis penjadwalan dengan metode *Critical Path Method* menggunakan MS Project untuk menentukan lintasan kritis, durasi proyek, serta aktivitas yang memungkinkan percepatan. Tahap kedua adalah analisis *Time Cost Trade Off* yang dilakukan dengan cara membandingkan biaya normal dengan biaya percepatan pada setiap alternatif crashing yang dicoba. Analisis ini menghasilkan kombinasi waktu dan biaya yang paling efisien, yang kemudian dijadikan dasar dalam merumuskan rekomendasi percepatan proyek. Dengan prosedur ini, penelitian diharapkan mampu memberikan gambaran yang komprehensif mengenai alternatif percepatan proyek preservasi Jalan Biluhu Barat–Gorontalo yang efisien dari sisi waktu maupun biaya.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Durasi Normal Proyek

Tabel 1. Durasi Normal Proyek Pekerjaan Jalan

No	Uraian Pekerjaan	Durasi
1	Sistem Manajemen keselamatan konstruksi (SMKK)	6 hari
2	Mobilisasi dan Demobilisasi	10 hari
3	Galian biasa	16 hari
4	Galian batu lunak	14 hari
5	Galian batu	12 hari
6	Galian untuk selokan drainase dan saluran air	1 hari
7	Pasangan batu dengan mortar	1 hari
8	Pasangan batu	20 hari
9	Penyiapan badan jalan	1 hari
10	Timbunan galian	1 hari
11	Lapis pondasi agregat kelas A	26 hari
12	Lapis resap pengikat aspal cair/emulsi	6 hari
13	Lapis perekat aspal cair/emulsi	6 hari
14	Bahan anti pengelupasan	6 hari
15	Laston lapir antara asbuton (ACBC Asb)	20 hari
16	Laston lapis aus asbuton (ACWC Asb)	18 hari
17	Beton Fc’15 MPa	2 hari
18	Marka jalan termoplastik	13 hari
19	Rel pengaman	14 hari

3.2. Hubungan Antar Aktivitas dan Durasi

Tabel 2. Hubungan Antar Aktivitas dan Durasi Pekerjaan Jalan

No	Uraian pekerjaan	Durasi	*Predecessors*
1	Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK)	6 hari	
2	Mobilisasi dan Demobilisasi	10 hari	1SS
3	Galian biasa	16 hari	2FS+4 hari
4	Galian batu lunak	14 hari	3SS
5	Galian batu	12 hari	4SS
6	Galian untuk selokan drainase dan saluran air	1 hari	3,4,5FS
7	Pasangan batu dengan mortar	1 hari	7FS
8	Pasangan batu	20 hari	8SS
9	Penyiapan badan jalan	1 hari	6FS
10	Timbunan galian	1 hari	8,9FS
11	Lapis pondasi agregat kelas A	26 hari	10FS
12	Lapis resap pengikat aspal cair/emulsi	6 hari	11FS-10 hari
13	Lapis perekat aspal cair/emulsi	6 hari	12FS
14	Bahan anti pengelupasan	16 hari	12,13FS
15	Laston lapis antara asbuton (ACBC Asb)	20 hari	14FS
16	Laston lapis aus asbuton (ACWC Asb)	18 hari	15FS
17	Beton fc’15 Mpa	4 hari	16FS
18	Marka jalan termoplastik	13 hari	17FS

19	Rel pengaman	14 hari	18FS

3.3 Menghitung *Crash Duration*

Untuk mengetahui *crash duration*, terdapat tahapan perhitungan yang dilakukan. Berikut contoh perhitungan *crash duration* terhadap item pekerjaan galian biasa:

Volume = 44,79 m^3

Waktu Normal = 16 hari

Waktu Normal (jam) = 16 hari × 8 jam = 128 jam

Produktivitas Normal (Hari) $= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal (hari)}}$

$= \frac{44{,}79\ \text{m3}}{16\ \text{hari}}$ = 2,799 m3/hari

Produktivitas Normal (Jam) $= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal (jam)}}$

$= \frac{44{,}79\ \text{m3}}{128\ \text{jam}}$ = 0,350 m3/jam

3.3.1 Penambahan 1 Jam Durasi Kerja Lembur

Produktivitas Lembur = (a × b × produktivitas tiap jam)
= (1 × 90% × 0,350)
= 0,315

a: jumlah jam lembur
b: koefisien pengurangan produktivitas waktu lembur

Prod. harian sesudah *crash* = Prod. Normal (Hari) + Prod. Lembur
= 2,799+ 0,315 = 3,114

Crash Duration $= \frac{\text{Volume}}{\text{Prod.Harian sesudah } crash}$

$= \frac{44{,}79}{3{,}114}$ = 14 hari

Crashing = Durasi Normal – *Crash Duration*
= 16 – 14 = 2 hari

3.3.2 Penambahan 2 Jam Durasi Kerja Lembur

Produktivitas Lembur = (a × b × produktivitas tiap jam)
= (1 × 90% + 1 × 80) × 0,350
= 0,595

a: jumlah jam lembur
b: koefisien pengurangan produktivitas waktu lembur

Prod. harian sesudah *crash* = Prod. Normal (Hari) + Prod. Lembur
= 2,799+ 0,595 = 3,394

Crash Duration $= \frac{\text{Volume}}{\text{Prod.Harian sesudah } crash}$

$= \frac{44{,}79\ \text{m3}}{3{,}394}$ = 14 hari

Crashing = Durasi Normal – *Crash Duration*
= 16 – 14 = 2 hari

3.3.3 Penambahan 3 Jam Durasi Kerja Lembur

Produktivitas Lembur = (a × b × produktivitas tiap jam)
= (1 × 90% + 1 × 80% + 1 × 70%) × 0,350
= 0,840

a: jumlah jam lembur
b: koefisien pengurangan produktivitas waktu lembur

Prod. harian sesudah *crash* = Prod. Normal (Hari) + Prod. Lembur
= 2,799+ 0,840 = 3,639

Crash Duration $= \frac{\text{Volume}}{\text{Prod.Harian sesudah } crash}$

$= \frac{44{,}79\ \text{m3}}{3{,}639}$ = 13 hari

Crashing = Durasi Normal – *Crash Duration*

= 16 – 13 = 3 hari

3.3.4 Penambahan 4 Jam Durasi Kerja Lembur

Produktivitas Lembur = (a × b × produktivitas tiap jam)
= (1 × 90% + 1 × 80% + 1 × 70% + 1 × 60%) × 0,350
= 1,050

a: jumlah jam lembur
b: koefisien pengurangan produktivitas waktu lembur

Prod. harian sesudah *crash* = Prod. Normal (Hari) + Prod. Lembur
= 2,799+ 1,050 = 3,849

Crash Duration $= \frac{\text{Volume}}{\text{Prod.Harian sesudah } crash}$
$= \frac{44{,}79 \text{ m3}}{3{,}849}$ = 12 hari

Crashing = Durasi Normal – *Crash Duration*
= 16 – 12 = 4 hari

3.4 Menghitung Crash Cost

Crash cost dilakukan setelah perhitungan durasi yang telah di dapatkan. Biaya yang dikeluarkan dari *crash cost*, biaya tersebut lebih besar dari biaya normal. Berikut contoh perhitungan *crash cost* lanjutan dari hasil menghitung durasi sebelumnya terhadap item pekerjaan galian biasa:

- Volume = 44,79 m^3
- Durasi Normal = 16 hari
- Produktivitas pekerjaan = koefisien × volume
- Jumlah tenaga kerja atau alat berat = Produktivitas pekerjaan/durasi normal
- *Excavator* = 44,79 × 0,0300 m^3 = 1,344
  = 1,344 /16 hari = 1 unit
- *Dump truck* = 44,79 × 0,0241 m^3 = 1,079
  = 1,079 /16 hari = 1 unit
- Pekerja = 44,79 × 0,1499 m^3 = 6,714
  = 6,714 /16 hari = 1 orang
- Mandor = 44,79 × 0,0300 m^3 = 1,344
  = 1,344/16 hari = 1 orang
- Biaya Normal = jumlah tenaga kerja × upah normal tenaga kerja × koefisien
- *Excavator* = 1 unit × Rp 4.863.192 × 0,0300/hari = Rp 145.896
- *Dump truck* = 1 unit × Rp 5.229.416 × 0,0241/hari = Rp 126.029
- Pekerja = 1 orang × Rp 142.400 × 0,1499/hari = Rp 21.346
- Mandor = 1 orang × Rp 206.480 × 0,0300/hari = Rp 6.194
- Total Biaya Normal = Rp 299.465

Upah/jam:

- *Excavator* = Rp 145.896/hari
  = Rp 145.896/8jam = Rp 18.237/jam
- *Dump truck* = Rp 126.029/hari
  = Rp 126.677/8jam = Rp 15.754/jam
- Pekerja = Rp 21.346/hari
  = Rp 21.436/8jam = Rp 2.668/jam
- Mandor = Rp 6.194/hari
  = Rp 6.194/8jam = Rp 774/jam

Mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2021 Pasal 31 tentang standar upah kerja lembur yaitu:

a. Durasi kerja lembur pertama dibayar sebanyak 1,5 kali upah dalam 1 jam
b. Durasi kerja lembur selanjutnya dibayarkan sebanyak 2 kali upah dalam 1 jam

3.4.1 Penambahan 1 Jam Kerja Lembur

Upah lembur 1 hari selama 1 jam pada pekerjaan galian biasa: = (1.5 × upah perjam normal)

- *Excavator* = (1.5 × Rp 18.237) = Rp 27.355,46
- *Dump truck* = (1.5 × Rp 15.754) = Rp 23.630,42
- Pekerja = (1.5 × Rp 2.668) = Rp 4.002,33
- Mandor = (1.5 × Rp 774) = Rp 1.161,45

Pada skema upah lembur selama 1 jam pada satu hari untuk alat berat *excavator* Rp27.335,46, kemudian *dump truck* Rp 48.168,75, tenaga kerja untuk pekerja Rp. 4.002,33 dan Mandor Rp1.161,45. Selanjutnya *crash cost* untuk pekerjaan galian biasa sebagai berikut:

Durasi Normal = 16 hari
Crash Duration = 14 hari

Upah lembur untuk pekerjaan galian biasa dengan jumlah tenaga kerja dengan *crash duration* 8 hari:

Crash Cost = Jumlah TK atau AB × Upah Lembur TK atau AB 1 hari × *Crash Duration*
- *Excavator* = 1 × Rp 27.335,46 × 14 hari
  = Rp 382.976
- *Dump truck* = 1 × 23.630,42 × 14 hari
  = Rp 330.826
- Pekerja = 1 × Rp 4.002,33 × 14 hari
  = Rp 56.033
- Mandor = 1 × Rp 1.161,45 × 14 hari
  = Rp 16.260

Crash Cost = Rp 786.095,22
Biaya Normal = Rp 229.465
Crash Cost Total = Biaya normal + *Crash Cost*
= Rp 299.465 + Rp 786.095,22
= Rp 1.085.560,07

Untuk pekerjaan galian biasa untuk *crash duration* 14 hari dengan jumlah tenaga kerja dan jumlah alat berat, diperoleh *crash cost* sebesar Rp 786.095,22. Untuk biaya normal sebesar Rp 229.465**,** selanjutnya ditambahkan dengan *crash cost* menghasilkan *crash cost* total sebesar Rp 1.085.560,07.

3.4.2 Penambahan 2 Jam Kerja Lembur

Upah lembur 1 hari selama 2 jam : (1.5 × upah perjam normal) + (2 × jumlah penambahan jam kerja berikutnya × upah perjam normal)

- *Excavator* = (1.5 × Rp 18.237) + (2 × 1 × Rp 18.237) = Rp 63.829,40
- *Dump truck* = (1.5 × Rp 15.754) + (2 × 1 × Rp 15.754) = Rp 55.137,65
- Pekerja = (1.5 × Rp 2.668) + (2 × 1 × Rp 2.668) = Rp 9.338,77
- Mandor = (1.5 × Rp 774) + (2 × 1 × Rp 774) = Rp 2.710,05

Pada skema upah lembur selama 2 jam pada satu hari untuk alat berat *excavator* Rp 63.829,40, kemudian *dump truck* Rp 55.137,65, pekerja Rp. 9.338,77 dan mandor Rp 2.710,05. Selanjutnya *crash cost* untuk pekerjaan galian biasa sebagai berikut:

Durasi Normal = 16 hari
Crash Duration = 13 hari

Upah lembur untuk pekerjaan galian biasa dengan jumlah tenaga kerja dan alat berat dengan *Crash Duration* 13 hari:

Crash Cost = Jumlah TK atau AB× Upah Lembur TK atau AB 1 hari × *Crash Duration*
- *Excavator* = 1 × Rp63.829,40 × 13 hari
  = Rp829.782
- *Dump truck* = 1 × Rp55.137,65 × 13 hari
  = Rp716.790
- Pekerja = 1 × Rp9.338,77 × 13 hari
  = Rp121.404
- Mandor = 1 × Rp2.710,05 × 13 hari
  = Rp35.231

Crash Cost = Rp1.703.206,31
Biaya Normal = Rp299.465
Crash Cost Total = Biaya normal + *Crash Cost*
= Rp299.465 + Rp1.703.206,31
= Rp2.002.671,15

Kemudian untuk pekerjaan galian biasa untuk *crash duration* 8 hari dengan jumlah tenaga kerja dan alat berat, diperoleh *crash cost* sebesar Rp1.703.206,31. Untuk biaya normal sebesar Rp299.465. Selanjutnya, ditambahkan dengan *crash cost* menghasilkan *crash cost* total sebesar Rp2.002.671,15.

3.4.3 Penambahan 3 Jam Kerja Lembur

Upah lembur 1 hari selama 3 jam = (1.5 × upah perjam normal) + (2 × jumlah penambahan jam kerja berikutnya × upah perjam normal)

- Pekerja = (1.5 × Rp18.237) + (2 × 2 × Rp 18.237) = Rp100.303,34
- Tukang = (1.5 × Rp15.754) + (2 × 2 × Rp 15.754) = Rp86.644,89
- Kepala Tukang = (1.5 × Rp2.668) + (2 × 2 × Rp 2.668) = Rp14.675,21
- Mandor = (1.5 × Rp774) + (2 × 2 × Rp 774) = Rp4.258,65

Pada skema upah lembur selama 3 jam pada satu hari untuk alat berat *excavator* Rp100.303,34, kemudian *dump truck* Rp86.664,89, Pekerja Rp14.675,21 dan Mandor Rp 4.258,65. Selanjutnya *crash cost* untuk pekerjaan galian biasa sebagai berikut:

Durasi Normal = 16 hari
Crash Duration = 12 hari

Upah lembur untuk pekerjaan galian biasa dengan jumlah tenaga kerja dengan *crash duration* 7 hari:

Crash Cost = Jumlah TK atau AB × Upah Lembur TK atau AB 1 hari × *Crash Duration*
- *Excavator* = 1 × Rp100.303,34 × 12 hari
  = Rp1.203.640
- *Dump truck* = 1 × Rp86.644,89 × 12 hari
  = Rp1.039.739
- Pekerja = 1 × Rp14.675,21 × 12 hari
  = Rp176.103
- Mandor = 1 × Rp4.258,65 × 13 hari
  = Rp51.104

Crash Cost = Rp2.470.584,98
Biaya Normal = Rp299.465
Crash Cost Total = Biaya normal + *Crash Cost*
= Rp299.465 + Rp2.470.584,98
= Rp2.770.049,42

Kemudian untuk pekerjaan galian biasa untuk *crash duration* 12 hari dengan jumlah tenaga kerja dan alat berat, diperoleh *crash cost* sebesar Rp2.470.584,98. Untuk biaya normal sebesar Rp299.465**,** selanjutnya ditambahkan dengan *crash cost* menghasilkan *crash cost* total sebesar Rp2.770.049,42.

3.4.4 Penambahan 4 Jam Kerja Lembur

Upah lembur 1 hari selama 4 jam = (1.5 × upah perjam normal) + (2 × jumlah penambahan jam kerja berikutnya × upah perjam normal)

- *Excavator* = (1.5 × Rp18.237) + (2 × 3 × Rp 18.237) = Rp136.777,28
- *Dump truck* = (1.5 × Rp15.754) + (2 × 3 × Rp 15.754) = Rp118.152,12
- Pekerja = (1.5 × Rp2.668) + (2 × 3 × Rp 2.668) = Rp20.011,65
- Mandor = (1.5 × Rp774) + (2 × 3 × Rp 774) = Rp5.807,25

Pada skema upah lembur selama 4 jam pada satu hari untuk alat berat *excavator* Rp 136.777,28, kemudian *dump truck* Rp 118.152, Pekerja Rp 20.011,65 dan Mandor Rp 5.807,25 Selanjutnya *crash cost* untuk pekerjaan galian biasa sebagai berikut:

Durasi Normal = 16 hari
Crash Duration = 12 hari

Upah lembur untuk pekerjaan galian biasa dengan jumlah tenaga kerja dengan *crash duration* 12 hari:

Crash Cost = Jumlah TK atau AB × Upah Lembur TK atau AB 1 hari × *Crash Duration*
- *Excavator* = 1 × Rp 136.777,28 × 12 hari
  = Rp 1.641.327
- *Dump truck* = 1 × Rp 118.152,12 × 12 hari
  = Rp 1.417.825
- Pekerja = 1 × Rp 20.011,65 × 12 hari
  = Rp 240.140
- Mandor = 1 × Rp 5.807,25 × 12 hari
  = Rp 69.687

Crash Cost = Rp 3.368.979,51
Biaya Normal = Rp 299.465
Crash Cost Total = Biaya normal + *Crash Cost*
= Rp 299.465 + Rp 3.368.979,51
= Rp 3.668.444,36

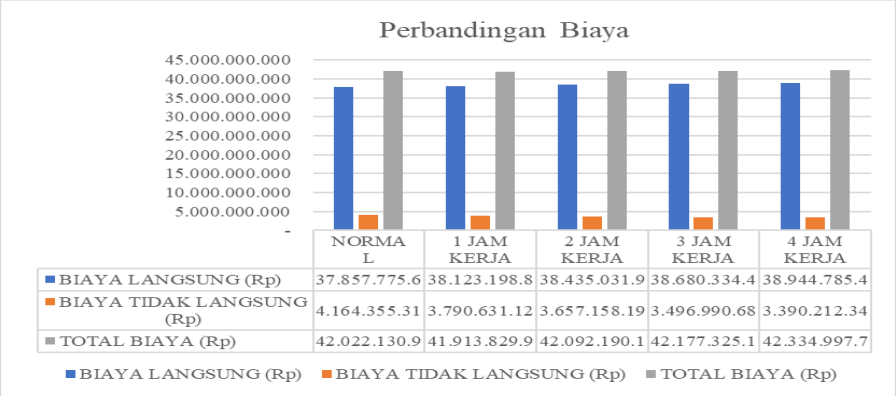
Kemudian untuk pekerjaan galian biasa untuk *crash duration* 7 hari dengan jumlah tenaga kerja dan alat berat, diperoleh *crash cost* sebesar Rp3.368.979,51. Untuk biaya normal sebesar Rp299.465**,** selanjutnya ditambahkan dengan *crash cost* menghasilkan *crash cost* total sebesar Rp3.668.444,36.

3.5 Metode *Time Cost Trade Off*

Berdasarkan hasil analisis proyek ini mendapatkan skenario alternatif guna untuk mengantisipasi keterlambatan durasi proyek yang terjadi akibat faktor keterlambatan pada ruas jalan lain yait dengan menambahkan jam kerja lembur pada alat berat dan tenaga kerja pada item pekerjaan yang berada di jalur kritis. Penambahan jam kerja lembur diambil durasi 1, 2, 3, dan 4 jam kerja dari waktu sisa. Penambahan 1 jam kerja mendapatkan durasi pengerjaan proyek sebesar 146 hari, penambahan 2 jam mendapatkan durasi pengerjaan 142 hari, penambahan 3 jam mendapatkan durasi pengerjaan 139, dan penambahan 4 jam kerja mendapatkan durasi pengerjaan sebesar 138 hari. Untuk biaya *cost slope* pada penambahan 1 jam Rp256.334.256, 2 jam Rp542.263.775, 3 jam Rp794.820,325, dan 4 jam Rp1.082.711.397.

Tahap Normal = 156 Hari Kalender Kerja
Biaya Langsung = 37.857.775.605,93
Biaya Tidak Langsung = PPN 11% dari total biaya proyek
= Rp 4.164.355.316,65
Total *cost* = Biaya langsung + biaya tidak langsung
= Rp 42.022.130.923,00

Penambahan 1 jam kerja lembur
Tahap kompresi *crashing*:
Durasi Pekerjaan = Durasi normal - Durasi Keterlambatan
Durasi Normal = 156 hari
Crashing = 10 hari
Total Durasi Proyek = 156 hari – 14 hari
= 142 hari
Crash Cost = Rp265.423.248
Biaya Langsung = Rp37.857.775.605,93 + Rp265.423.248
= Rp38.123.198.853,69
Biaya Tidak Langsung = PPN 11% dari total biaya proyek
= Rp4.164.355.316,65
Biaya tak langsung *crashing* = (Rp4.227.911.422,91/156) × 142 hari
= Rp 3.790.631.121,57
Total Biaya = Biaya Langsung + Biaya Tidak Langsung
= Rp38.114.109.862,17 + Rp3.790.631.121,57
= Rp41.913.829.975,25



Gambar 2. Grafik Perbandingan Biaya

4 KESIMPULAN DAN SARAN/REKOMENDASI

4.1. Kesimpulan

Item pekerjaan yang dapat diterapkan dalam metode *Time cost trade off* sebagai upaya percepatan pelaksanaan proyek adalah seluruh pekerjaan yang berada pada jalur kritis dan berpotensi menyebabkan keterlambatan. Terdapat 7 item pekerjaan yang dianalisis menggunakan metode ini, yaitu galian biasa, galian batu lunak, pasangan batu, laston lapis antara asbuton (ACBC Asb), laston lapis aus asbuton (ACWC Asb), Marka jalan termoplastik, dan rel pengaman.

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) dapat menjadi strategi yang efektif dalam mengantisipasi keterlambatan pada proyek preservasi Jalan Biluhu Barat–Gorontalo.

Penerapan metode ini melalui penambahan jam kerja lembur pada aktivitas-aktivitas yang berada pada lintasan kritis terbukti mampu menurunkan durasi proyek sekaligus menjaga efisiensi biaya. Hal ini menegaskan bahwa identifikasi jalur kritis dan penerapan analisis percepatan sejak tahap perencanaan sangat penting untuk meminimalisir risiko keterlambatan proyek. Temuan penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya (Salindeho et al., 2022; Raranta et al., 2024; Sakti & Rachmawati, 2023) yang juga membuktikan bahwa metode TCTO dapat memberikan alternatif durasi dan biaya yang lebih efisien pada proyek konstruksi jalan. Dengan demikian, penelitian ini memperkuat bukti empiris bahwa metode TCTO relevan diterapkan dalam konteks proyek preservasi jalan di Gorontalo, khususnya untuk meningkatkan efektivitas manajemen waktu dan biaya proyek infrastruktur transportasi.

Biaya setelah penerapan metode *time cost trade off* mengalami perubahan sebagai dampak dari penambahan jam kerja lembur pada tenaga kerja dan alat berat. Simulasi dilakukan adalah pada penambahan 1 jam kerja lembur, total biaya proyek menjadi Rp42.011.519.325,19 Pada penambahan 2 jam kerja lembur, total biaya menjadi Rp42.190.670.502,55 Pada penambahan 3 jam kerja lembur, biaya menjadi Rp42.389.837.881,99 dan Pada penambahan 4 jam kerja lembur, total biaya mencapai Rp42.624.339.782,86.

4.2. Saran/Rekomendasi

Dari hasil penelitian ini, beberapa saran yang bisa diberikan adalah:

1) Lakukan simulasi percepatan sejak proyek direncanakan, sebaiknya langsung dilakukan simulasi supaya potensi masalah bisa diantisipasi lebih cepat.
2) Pantau proyek secara rutin progres pekerjaan, terutama yang ada di jalur kritis, harus dipantau terus supaya kalau ada keterlambatan baru, bisa langsung dicari solusi.

REFERENSI

Anenda, L. (2020). *Analisis network planning pada proyek konstruksi jalan oleh CV. X menggunakan metode Program Evaluation Review Technique (PERT)-Critical Path Method (CPM)* (Doctoral dissertation, Ph. D. dissertation, UIN Sunan Amper Surabaya, Jawa Timur, Indonesia).

Bima, M. H. P., Supardi, S., & Maricar, M. H. (2024). Pengaruh Faktor Internal dan Eksternal terhadap Kinerja Pekerjaan Konstruksi Provinsi Sulawesi Selatan: Studi Kasus Preservasi Jalan Daerah Kabupaten Gowa. Jurnal Flyover, 4(1), 78-86.

Dirgiantara, D. R., & Sutantiningrum, K. H. (2024, December). Optimalisasi Penjadwalan Proyek Lapangan Olahraga: Faktor Keterlambatan dan Pengembangan Strategi. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil* (Vol. 6, No. 1, pp. 217-227).

Dwiantoro, D., Yoansa, A. Y., Indrayana, D. V., Mentari, S., & Widyatami, F. S. (2024). Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek "XYZ". *Jurnal Talenta Sipil*, *7*(1), 388-403.

Irawan, Y. A., & Juara, A. (2022). Analisa Optimasi Biaya Dan Waktu Metode TCTO (Time Cost Trade Off)(Study Kasus: Preservasi Jalan Ruas Sp. Gunung Kemala–Sanggi). *Jurnal Civil Engineering Study*, *2*(02), 60-66.

Klau, M. J., & Tjendani, H. T. (2024). Analisis Waktu dan Biaya dengan Pendekatan Time Cost Trade Off pada Proyek Repair Struktur Wheat Silo dan Pellet Silo Tahap III di Surabaya. Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS), 2(2).

Muin, O. E. A., Tjendani, H. T., & Witjaksana, B. (2023). Cost and Time Analysis of The Pontianak MCD Building Project Using Time Cost Trade Off (TCTO) Method. *Asian Journal of Engineering, Social and Health*, *2*(12), 1569-1580.

Nasution, A. P., Tarigan, P. B., & Kurniawan, R. (2021). Analisis Dynamic Amplification Factor (DAF) pada Jembatan Sp Gunung Kemala-Sanggi Rangka Baja dengan Metoda Analisis Respons Spektrum. *Journal of Infrastructure Planning and Design*, *1*(1), 21-26.

Prameswari, A., Putra, I. N. D. P., & Widowati, E. D. (2025). Penerapan Prinsip Pareto dalam Evaluasi Alternatif Percepatan Waktu pada Proyek Pembangunan Jalan di Kabupaten Sidoarjo Menggunakan Critical Path Method. *MEDIA KONSTRUKSI*, *10*(2), 149-162.

Priyadi, S. (2022). Preservasi jalan batas Kota Medan-Tanak Karo dengan Pendekatan Metode Long Segmen. *Jurnal Vorteks*, 3(1), 204-208.

Priyo, M., & Aulia, M. R. U. (2015). Aplikasi metode time cost trade off pada proyek konstruksi: studi kasus proyek pembangunan Gedung Indonesia. *Semesta Teknika*, *18*(1), 30-43.

Putra, P. (2025). Pengendalian Waktu Pekerjaan Konstruksi Pembangunan RSUD Dr. Sobirin Kabupaten Musi Rawas: Analysis of Time Control for Construction Work for the Construction of Dr. RSUD. Sobirin, Musi Rawas Regency. LITERA: Jurnal Ilmiah Mutidisiplin, 2(1), 154-168.

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). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, *2*(1).

Sakti, A. W. E., & Rachmawati, F. (2023). Penerapan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) dalam Optimasi Durasi dan Biaya pada Proyek Preservasi Jalan dan Jembatan Gempol–Pasuruan–Probolinggo. *Jurnal Teknik ITS*, *12*(1), E7-E13.

Salindeho, C. G., Pratasis, P. A., & Sumanti, F. P. (2022). Optimasi Waktu Dan Biaya Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Peningkatan Ruas Jalan Tondano-Kembes-Manado Seksi II. *TEKNO*, *20*(81).

Siahay, M. C., Ahmad, S. N., Gusty, S., Supacua, H. A. I., Ampangallo, B. A., Rachman, R. M., ... & Maitimu, A. (2023). *Pembangunan infrastruktur di Indonesia*. Tohar Media.