OPTIMASI BIAYA DAN WAKTU PADA PROYEK PENINGKATAN RUAS JALAN KANTO – PULAHENTI DENGAN MENGGUNAKAN METODE TCTO *(TIME COST TRADE OFF)*

Nindya Nur Awalia Kurniawan[1)], Ari Putra Racman[2)], Muhammad Januar Fuad[3)]
[1,2,3)] Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Bina Taruna Gorontalo
Email: nindyanurawaliakrdh@gmail.com[1)]
Asal Negara: Indonesia

ABSTRAK

Pelaksanaan proyek harus diawali dengan perencanaan dan penjadwalan kegiatan proyek yang matang, karena pada umumnya pelaksanaan proyek konstruksi rentan terhadap risiko keterlambatan. Pengelolaan perencanaan dilakukan secara cermat untuk memastikan bahwa pelaksanaan proyek berjalan sesuai kontrak dan tepat waktu. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung durasi pelaksanaan proyek serta menganalisis durasi dan biaya optimal yang diperlukan selama pelaksanaan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Time Cost Trade Off*, yaitu teknik yang mengoptimalkan jadwal untuk mencapai efisiensi dan efektivitas pelaksanaan pekerjaan dari segi waktu, biaya dan pendapatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode *Time Cost Trade Off* dengan alternatif penambahan 2 jam kerja lembur menghasilkan biaya optimal sebesar Rp. 2.220.570.527,10 dengan waktu optimal 47 hari kerja. Sementara itu, penambahan 4 jam lembur menghasilkan biaya optimal Rp. 2.220.392.998,10 dengan waktu optimal 45 hari kerja.

Kata kunci: *Time Cost Trade Off*; *Crashing* Program; *Microsoft Project*

ABSTRACT

Project execution must begin with thorough planning and scheduling, as construction projects are generally prone to delays. Careful management of the planning process is to ensure that the project is executed in accordance with the contract and completed on time. This study aims to calculate the project duration and analyze the optimal time and cost are required during the execution phase. The research employs the Time Cost Trade Off method, a technique that optimizes the schedule to achieve efficient and effective execution in terms of time, cost and revenue. The findings indicate that applying the Time Cost Trade Off method with the alternative of adding 2 hours of overtime results in an optimal cost of Rp. 2,220,570,527.10 with an optimal duration of 47 working days. Meanwhile, adding of 4 hours of overtime results in an optimal cost of Rp. 2,220,392,998.10 with an optimal duration of 45 working days.

Keywords: Time Cost Trade Off; Crashing Programs; Microsoft Project

1. PENDAHULUAN

Keberhasilan sebuah proyek bisa dinilai dari dua aspek utama, yaitu profit yang diperoleh dan ketepatan penyelesaian proyek sesuai jadwal. Untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan, berbagai upaya perlu dilakukan, seperti perhitungan kapasitas struktur yang akurat, estimasi dana yang efektif dan efisien, Rencana Anggaran Biaya (RAB), serta manajemen pelaksanaan yang tepat dalam pengelolaan biaya dan durasi. Jika salah satu upaya ini tidak terpenuhi atau kurang optimal, kualitas atau hasil akhir proyek dapat berubah dan tidak sesuai dengan yang direncanakan (Saragi, 2022).

Manajemen proyek konstruksi adalah kegiatan sistematis untuk menentukan standar yang sesuai dengan tujuan perencanaan, membandingkan pelaksanaan dengan perencanaan, menganalisis kemungkinan penyimpangan, serta melakukan koreksi yang diperlukan agar biaya, sumber daya dan waktu dapat digunakan secara efektif dan efisien dalam rangka mencapai tujuan proyek yang diinginkan (Setiawan *et al.*, 2021).

Metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) merupakan salah satu alat yang digunakan dalam pengelolaan proyek yang mengintegrasikan biaya dan waktu (Setiawan et al., 2021).

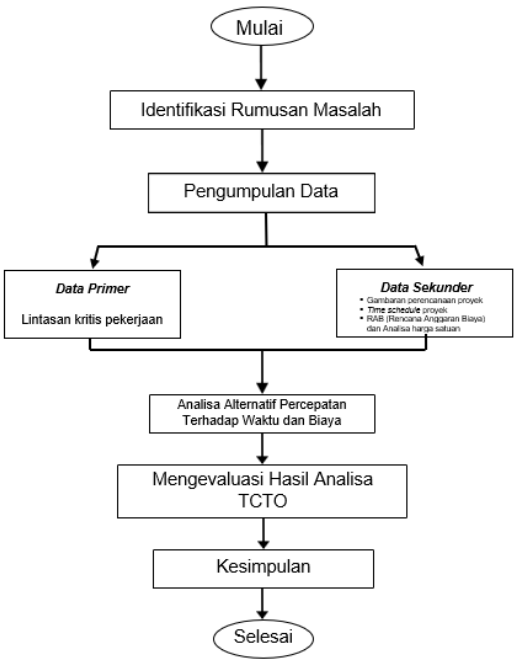
Penelitian Frederika (2010) menerapkan metode TCTO dan menemukan bahwa pengurangan biaya total proyek paling besar terjadi dengan penambahan satu jam kerja, yaitu sebesar 0,0272%, sedangkan pengurangan durasi proyek yang paling signifikan terjadi dengan penambahan dua jam kerja, yaitu sebesar 4,93%. Hendriyani et al. (2020) menerapkan metode TCTO pada suatu proyek dan berhasil mencapai efisiensi waktu sebesar 22%, dengan melakukan percepatan serta memanfaatkan

alternatif seperti penambahan jam kerja lembur, alat bantu yang lebih produktif, penambahan jumlah pekerja, menggunakan material yang lebih cepat pemasangan, dan metode konstruksi yang lebih cepat (Isra & Husin, 2019)

Penulis tertarik melakukan optimasi biaya dan waktu pada Proyek Peningkatan Ruas Jalan Kanto–Pulahenti agar dapat selesai sesuai jadwal, mengingat sebelumnya telah terjadi penambahan waktu. Evaluasi awal dari segi waktu dan biaya perlu dilakukan untuk mempercepat dan meningkatkan efisiensi sisa waktu pelaksanaan, guna menghindari denda keterlambatan yang berlebihan. Penelitian ini juga akan menganalisis perbedaan kondisi sebelum dan sesudah penambahan jam kerja dengan menggunakan pedoman *Time Cost Trade Off.*

2. METODE PENELITIAN

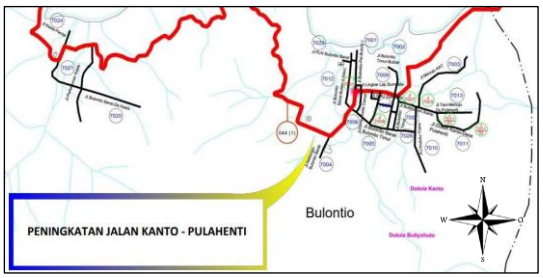
Penelitian ini dilakukan pada Ruas Jalan Kanto–Pulahenti, Kabupaten Gorontalo Utara, Provinsi Gorontalo. Proyek ini termasuk pekerjaan konstruksi jalan daerah dengan nama paket "Penanganan Long Segment (Pemeliharaan Rutin, Pemeliharaan Berkala, Peningkatan/Rekonstruksi) Jl. Dsn. Kanto–Pulahenti". Proyek konstruksi berada dalam pelaksanaan PT. Jaya Mitta Perkasa.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proyek pekerjaan konstruksi jalan daerah bernama "Penanganan Long Segment (Pemeliharaan Rutin, Pemeliharaan Berkala, Peningkatan/Rekonstrusi) Jl. Dsn. Kanto – Pulahenti" ini memiliki *siteplan* yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. *Siteplan* lokasi penelitian

Pada proyek ini terjadi penundaan sehingga memerlukan tambahan waktu 50 hari untuk menyelesaikan sisa pekerjaan. Oleh karena itu, diperlukan percepatan untuk memastikan proyek selesai tepat waktu atau bahkan lebih awal dari durasi yang direncanakan. Pada penelitian ini hanya aktivitas pada jalur kritis saja yang dipercepat. Data yang digunakan untuk proses *crashing* pada penelitian ini meliputi data rencana anggaran biaya (RAB) dan kurva s. Berikut merupakan data uraian pekerjaan yang dibutuhkan pada penelitian ini.

Tabel 1 Rencana anggaran biaya

URAIAN PEKERJAAN		HARGA
DIVISI 3. TANAH DAN GEOSINTETIK		
Galian Biasa	Rp	2,141,881.06
Galian Perkerasan beraspal tanpa Cold Miling Machine	Rp	17,677,053.14
Penyiapan badan jalan	Rp	3,262,739.29
DIVISI 5. PERKERASAN BERBUTIR		
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	Rp	61,419,754.28
DIVISI 6 PERKERASAN ASPAL		
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi	Rp	9,722,229.20
Laston Lapis Haus (AC-WC)	Rp	1,398,729,257.77
Bahan Anti Pengelupasan	Rp	1,050,192.00
DIVISI 7. STRUKTUR		
Beton Struktur fc'25 Mpa	Rp	127,801,003.58
Beton fc'15 Mpa	Rp	125,541,345.76
Beton fc'10 Mpa	Rp	5,557,852.11
Baja Tulangan Polos-BjTP 280	Rp	6,076,368.96
Baja Tulangan Sirip BjTS 420B	Rp	86,004,636.44
DIVISI 8. REHABILITASI JEMBATAN		
Penggantian Lantai Kayu	Rp	60,051,743.69
Penggantian Papan Lajur Kendaraan	Rp	21,078,290.06
DIVISI 9. PEKEERJAAN HARIAN & LAIN LAIN		
Marka Jalan Termoplastik		
DIVISI 10. PEKEERJAAN PEMELIHARAAN KINERJA		
pengendalian tanaman	Rp	43,476,750.29
Total	Rp	1,969,591,097.63

doi: https://doi.org/10.56190/jvst.v3i2.56, p-issn/e-issn: 2808-5531/2809-6232

Tabel 2 Pekerjaan yang berada pada jalur kritis

No	Uraian Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Durasi Normal (hari)
1	Galian biasa Penyiapan	391.88	5
2	Badan Jalan Beton Struktur	509.25	7
3	fc'25 Mpa Baja Tulangan	121.19	17
4	Polos-BjTP 280 Baja Tulangan	4708.88	12
5	Sirip BjTS 420B	10358.3	12

a. produktivitas Harian, Normal dan Percepatan

Selanjutnya, menghitung produktivitas harian dan per jam, serta durasi crash untuk waktu kerja. Perhitungan durasi crash digunakan untuk menentukan batas waktu maksimum untuk mempercepat suatu tugas. Produktivitas lembur dihitung sebesar 75% dari produktivitas normal. Produktivitas kerja merupakan perbandingan kuantitas pekerjaan yang diselesaikan. Termasuk menambah 2 jam dan 4 jam lembur.

Rumus perhitungannya sebagai berikut :

- $Produk\ Harian = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}}$
- $Produktifitas\ perjam = \frac{\text{produktivitas Harian}}{7\ \text{jam}}$
- $Produktifitas\ harian\ sesudah\ crash = Produktifitas\ harian + (tambahan\ jam\ lembur\ x\ produktifitas\ perjam\ x\ 75\%)$
- $Crash\ duration = \frac{\text{volume}}{\text{produktivitas harian setelah crash}}$

Dengan perhitungan produktivitas harian normal pada item pekerjaan “galian biasa” sebagai berikut :

• Volume pekerjaan = 391,88 m³
• Waktu normal = 5 hari

• Produktivitas harian $= \frac{\text{Volume}}{\text{durasi normal}}$
= 391,88 / 5
= 78,38 m³

• Produktivitas perjam $= \frac{\text{produktivitas harian}}{7\ \text{jam}}$
= 78,38 / 7
= 11,20 m³

• Produktivitas harian sesudah *crash* (waktu lembur 2 jam)
= produktivitas harian + (tambahan jam lembur x produktivitas perjam x 75%)
= 78,38 + (2 x 11,20 x 75%)
= 95,17 m³

• *Crash duration* = volume / produktivitas harian setelah crash
= 391,88 / 95,17
= 4 hari

• Produktivitas harian sesudah crash (waktu lembur 4 jam)
= produktivitas harian + (tambahan jam lembur x produktivitas perjam x 75%)
= 78,38 + (4 x 11,20 x 75%)
= 111,97 m³

•*Crash duration* = volume / produktivitas harian setelah *crash*
= 391,88 / 111,97
= 4 hari

Tabel 3 produktivitas harian normal dengan penambahan 2 jam lembur

No	Uraian Pekerjaan	Cost Durasi Normal	Hari Kerja Normal	Crash Duration	Biaya Normal Perhari	Biaya Normal Perjam	Biaya Lembur Perhari	Biaya Lembur Total	Crash Cost	Cost Slope
1	Galian biasa	Rp 2,141,881.06	5	4	Rp 428,376.21	Rp 61,196.60	Rp 122,393.20	Rp 550,769.41	Rp 2,267,874.06	Rp 142,792.07
2	Penyiapan Badan Jalan	Rp 3,262,739.29	7	6	Rp 466,105.61	Rp 66,586.52	Rp 133,173.03	Rp 599,278.64	Rp 3,454,665.13	Rp 155,368.54
3	Beton Struktur fc'25 Mpa	Rp 127,801,003.58	17	14	Rp 7,517,706.09	Rp 1,073,958.01	Rp 2,147,916.03	Rp 9,665,622.12	Rp 135,318,709.67	Rp 2,505,902.03
4	Baja Tulangan Polos-BjTP 280	Rp 6,076,368.96	12	10	Rp 506,364.08	Rp 72,337.73	Rp 144,675.45	Rp 651,039.53	Rp 6,433,802.43	Rp 168,788.03
5	Baja Tulangan Sirip BjTS 420B	Rp 86,004,636.44	12	10	Rp 7,167,053.04	Rp 1,023,864.72	Rp 2,047,729.44	Rp 9,214,782.48	Rp 91,063,732.71	Rp 2,389,017.68

doi: https://doi.org/10.56190/jvst.v3i2.56, p-issn/e-issn: 2808-5531/2809-6232

Tabel 4 produktivitas harian dengan penambahan 4 jam kerja lembur

No	Uraian Pekerjaan	Cost Durasi Normal	Hari Kerja Normal	Crash Duration	Biaya Normal Perhari	Biaya Normal Perjam	Biaya Lembur Perhari	Biaya Lembur Total	Crash Cost	Cost Slope
1	Galian biasa	Rp 2,141,881.06	5	4	Rp 428,376.21	Rp 61,196.60	Rp 244,786.41	Rp 673,162.62	Rp 2,356,069.16	Rp 142,792.07
2	Penyiapan Badan Jalan	Rp 3,262,739.29	7	5	Rp 466,105.61	Rp 66,586.52	Rp 266,346.06	Rp 732,451.68	Rp 3,589,013.22	Rp 155,368.54
3	Beton Struktur fc'25 Mpa	Rp 127,801,003.58	17	12	Rp 7,517,706.09	Rp 1,073,958.01	Rp 4,295,832.05	Rp 11,813,538.15	Rp 140,581,103.94	Rp 2,505,902.03
4	Baja Tulangan Polos-BjTP 280	Rp 6,076,368.96	12	8	Rp 506,364.08	Rp 72,337.73	Rp 289,350.90	Rp 795,714.98	Rp 6,684,005.86	Rp 168,788.03
5	Baja Tulangan Sirip BjTS 420B	Rp 86,004,636.44	12	8	Rp 7,167,053.04	Rp 1,023,864.72	Rp 4,095,458.88	Rp 11,262,511.92	Rp 94,605,100.09	Rp 2,389,017.68

b. Biaya Kerja Harian Normal Dan Biaya Percepatan

Setelah diketahui besarnya produktivitas harian dan durasi percepatan pekerjaan *crash duration*, maka langkah selanjutnya adalah menghitung biaya langsung percepatan *crash cost*. Perhitungan *crash cost* digunakan untuk mencari *slope* biaya *cost slope* masing-masing pekerjaan.

Dengan perhitungan sebagai berikut :

•Menghitung upah kerja harian normal, yaitu produktivitas harian dikalikan dengan harga satuan upah kerja

•Menghitung upah kerja normal, yaitu produktivitas perjam dikalikan harga satuan upah kerja

•Menghitung upah kerja lembur perhari, yaitu

- untuk 2 jam lembur = 2 x upah perjam
- untuk 4 jam lembur = 4 x upah perjam

•Menghitung *crash cost* perhari, yaitu upah harian ditambah upah kerja lembur perhari

•Menghitung *crash cost* total, yaitu crash cost perhari dikalikan *crash duration*

•Menghitung *cost slope*, yaitu

(crash cost – normal cost) / (normal duration - crash duration)

Menghitung upah kerja harian normal pada item pekerjaan “galian biasa”, sebagai berikut :

•*Cost durasi* normal = Rp. 2,141,881.06
•Hari kerja normal = 5 hari
•*Crash duration* = 4 hari

•Biaya normal perhari $= \frac{\text{cost hari normal}}{\text{hari normal kerja}}$

$= \frac{Rp.2,141,881.06}{5}$

= Rp. 428,376.21 perhari

•Biaya normal perjam $= \frac{\text{Upah normal perhari}}{7 \text{ jam}}$

$= \frac{Rp.428,376.21}{7}$

= Rp. 61,196.60

Untuk waktu lembur 2 jam :

•Biaya lembur perhari = 2 x upah normal perjam
= 2 x Rp. 61,196.60
= Rp. 122,393.20

•Biaya lembur total = biaya lembur perhari + biaya normal perhari
= Rp. 122,393.20 + Rp. 428,376.21
= Rp. 550,769.41

•*Crash cost* = biaya lembur total x crash duration
= Rp. 550,769.41 x 4
= Rp. 2,267,874.06

•*Cost slope* = (crash cost - normal cost) / (normal duration – crash duration)
= (Rp. 2,267,874.06 - Rp. 2,141,881.06) / (5-4)
= Rp.142,792.07

Untuk waktu lembur 4 jam :

•Biaya lembur perhari = 4 x upah normal perjam
= 4 x Rp. 61,196.60
= Rp. 244,786.41

•Biaya lembur total = biaya lembur perhari + biaya normal perhari
= Rp. 244,786.41 + Rp. 428,376.21
= Rp. 673,162.62

•Crash cost = biaya lembur total x crash duration
= Rp. 673,162.62 x 4
= Rp. 2,356,069.16

•Cost slope = (crash cost - normal cost) / (normal duration – crash duration)
= (Rp. 2,356,069.16 - Rp.2,141,881.06) / (5-4)
= Rp. 142,792.07

c. Hasil Analisa Percepatan Waktu dan Biaya *Time Cost Trade Off*

Penyesuaian waktu dan biaya percepatan, dengan menghitung biaya langsung, biaya tidak langsung, dan total *cost* dari setiap kegiatan yang mempengaruhi waktu pekerjaan setelah dilakukan percepatan. dihitung menggunakan rumus:

doi: https://doi.org/10.56190/jvst.v3i2.56, p-issn/e-issn: 2808-5531/2809-6232

a. Tahapan Normal
- Durasi Normal = 50 hari
- Biaya tidak langsung = 2% Biaya Total Proyek + PPN 10% Biaya Total Proyek =Rp.39,391,821.95+Rp. 196,959,109.76
  = Rp. 236,350,931.72
- Biaya langsung = Rp. 1,969,591,097.63
- Total *cost* = Biaya tidak langsung + Biaya langsung
  = Rp. 236,350,931.72 + Rp.1,969,591,097.63
  = Rp. 2,205,942,029.34

Penambahan 2 Jam Kerja (Lembur)
Tahapan Kompresi *Crashing* pada pekerjaan "galian biasa"
- Durasi normal = 47 hari
- Biaya tidak langsung = (Biaya tidak langsung proyek / durasi normal) x total durasi proyek
  = (Rp. 236,350,931.72 / 50) x 47
  = Rp. 222,169,875.81
- Biaya langsung = Rp1,998,400,651.29
- Total *cost* = Biaya tidak langsung + biaya langsung
  = Rp. 222,169,875.81 + Rp.1,998,400,651.29
  = Rp. 2,220,570,527.10

Penambahan 4 Jam Kerja (Lembur)
Tahapan Kompresi *Crashing* pada pekerjaan "galian biasa"
- Durasi normal = 45 hari
- Biaya tidak langsung = (Biaya tidak langsung proyek / durasi) x total durasi proyek
  = (Rp. 236,350,931.72 / 50) x 45
  = Rp. 212,715,838.54
- Biaya langsung = Rp. 2,007,677,159.56
- Total cost = Biaya tidak langsung + biaya langsung
  = Rp. 212,715,838.54 + Rp. 2,007,677,159.56
  = Rp. 2,220,392,998.10

d. Hasil Analisis Percepatan Penyelesaian Proyek

Berdasarkan analisis penelitian dan pembahasan Optimasi Biaya dan Waktu Proyek Peningkatan Ruas Jalan Kanto-Pulahenti dengan metode *Time Cost Trade Off (TCTO*) dengan alternatif penambahan jam kerja lembur sebanyak 2 dan 4 jam, diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Penambahan waktu lembur sebanyak 2 jam mengakibatkan penyelesaian keseluruhan proyek menjadi lebih cepat 47 hari dibandingkan waktu normal yaitu 50 hari kerja, dengan total penyimpangan biaya sebesar Rp. 28.809.553,67.
2. Penambahan waktu lembur sebanyak 4 jam mengakibatkan penyelesaian proyek lebih cepat 45 hari dibandingkan durasi normal yaitu 50 hari kerja, dengan total kemiringan biaya sebesar Rp. 38.086.061,93.

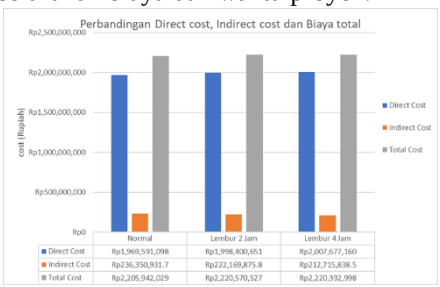
Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa dengan mempercepat durasi pengerjaan suatu proyek, maka durasi proyek secara keseluruhan akan lebih singkat dibandingkan kondisi normal. Namun percepatan proses ini akan berdampak pada biaya langsung yang semakin meningkat. Sebaliknya, biaya tidak langsung menurun seiring dengan semakin pendeknya durasi proyek. Dengan demikian optimalnya waktu dan biaya dicapai melalui percepatan dengan metode Time Cost Trade Off pada Proyek Peningkatan Ruas Jalan Kanto-Pulahenti.

e. Perbandingan Durasi dan Biaya Proyek

Proyek Peningkatan Ruas Jalan Kanto-Pulalahenti dijadwalkan selesai dalam waktu 50 hari, dimulai pada tanggal 1 Januari 2024 dan selesai pada tanggal 19 Februari 2024 dengan rencana anggaran sebesar Rp1.969.591.097,63. Mempercepat durasi proyek untuk tugas-tugas di jalur kritis akan meningkatkan biaya langsung namun memperpendek waktu penyelesaian keseluruhan, sehingga berdampak pada biaya tidak langsung proyek.

Dari hasil analisis percepatan *crashing* diketahui bahwa penambahan jam kerja lembur sebanyak 2 jam dapat mengurangi durasi proyek menjadi 47 hari dari durasi awal. Namun biaya langsung mengalami peningkatan dari Rp. 1.969.591.097,63 menjadi Rp. 1.998.400.651,29. Jika dipercepat dengan alternatif penambahan 4 jam kerja (lembur), biaya langsung naik menjadi Rp. 2.007.677.159,56. Seiring dengan percepatan durasi proyek, biaya tidak langsung juga berubah, turun dari Rp. 236.350.931,72 menjadi Rp. 222.169.875,81 untuk alternatif lembur 2 jam, dan menjadi Rp. 212.715.838,54 untuk alternatif lembur 4 jam.

Di bawah ini adalah grafik perbandingan keseluruhan biaya dan waktu proyek.



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Direct Cost, Indirect Cost, dan Biaya Total Proyek (Sumber: Hasil Penelitian)

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil optimasi waktu dan biaya menggunakan metode *Time Cost Trade Off* pada Peningkatan Ruas Jalan Kanto - Pulahenti, Kesimpulan yang bisa didapatkan adalah sebagai berikut:

1. Dengan melakukan alternatif penambahan jam kerja lembur yaitu 2 dan 4 jam kerja diperoleh waktu dan biaya optimal untuk alternatif penambahan 2 jam kerja lembur, diperoleh waktu optimal proyek 47 hari dengan total biaya sebesar Rp1,998,400,651.29. Sedangkan untuk alternatif penambahan 4 jam kerja lembur, diperoleh durasi optimal proyek 45 hari dengan biaya sebesar Rp2,007,677,159.56.
2. Selisih perbandingan waktu dan biaya proyek sebelum dan sesudah penambahan jam kerja lembur, dengan total biaya normal proyek sebesar Rp.1,969,591,097.63 termasuk biaya langsung Rp. 1,969,591,097.63, biaya tidak langsung Rp. 236,350,931.72 selama 50 hari kerja. Selisih perbandingan waktu dan biaya proyek setelah penambahan 2 jam kerja lembur untuk biaya langsung sebesar Rp. 28,809,553.67, biaya tidak langsung Rp. 14,181,055.90 untuk total selisih biaya normal proyek adalah sebesar Rp.14,628,497.76 selama 47 hari kerja. Untuk perhitungan penambahan 4 jam kerja lembur, didapatkan biaya langsung sebesar Rp. 38,086,061.93, biaya tidak langsung Rp. 23,635,093.17 dan selisih terhadap biaya total normal proyek adalah sebesar Rp. 14,450,968.76 selama 45 hari kerja.

4.2 Saran

Akan bermanfaat untuk memasukkan metode percepatan lainnya, seperti metode percepatan dengan sistem *shift* kerja, penambahan tenaga, atau penggunaan peralatan dan sumber daya yang lebih mekanik. Hal ini akan memungkinkan lebih banyak perbandingan dan membantu menentukan metode percepatan mana yang lebih efektif dari segi efisiensi waktu dan biaya.

DAFTAR PUSTAKA

Frederika, A. (2010). ANALISIS PERCEPATAN PELAKSANAAN DENGAN MENAMBAH JAM KERJA OPTIMUM PADA PROYEK KONSTRUKSI (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Super Villa, Peti Tenget-Badung) Ariany Frederika. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, *14*(2), 113–126.

Hendriyani, I., Pratiwi, R., & Qadri, N. (2020). Optimasi Waktu dan Biaya pada Pelaksanaan Proyek Peningkatan Jalan Bina Bakti Kelurahan Gunung Seteleng Kabupaten Penajam Paser Utara dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil TRANSUKMA*, *3*(1), 65–76. https://doi.org/10.36277/transukma.v3i1.72

Isra, di, & Husin, S. (2019). Model Time-Cost Trade Off untuk Pekerjaan Kolom Utama. *Journal of The Civil Engineering Student*, *1*(3), 98–104.

Saragi, T. E. (2022). 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). *Construct : Jurnal Teknik Sipil*, *1*(2), 53–69. http://repository.uhn.ac.id/handle/123456789/6146

Setiawan, I., Siboro, I., & Faisyal, M. (2021). Optimasi Waktu dan Biaya Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil TRANSUKMA*, *3*(2), 114–128. https://doi.org/10.36277/transukma.v3i2.80