

PENGENDALIAN BIAYA DAN WAKTU PADA PENYELESAIAN PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN DENGAN METODE TCTO (TIME COST TRADE OFF) DAN METODE MANUAL

Dayuq Cahyana¹⁾, Agus Juara²⁾, Wiji Lestarini

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Sains Al-Qur'an
dayy330@gmail.com, agusjuara@unsiq.ac.id, lestariniw@yahoo.co.id

ABSTRAK

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi seringkali bentrok antara jadwal aktual lapangan, yang dapat menyebabkan overruns dan biaya, membuat proyek sulit dilaksanakan. Alasan penundaan adalah perubahan situasi proyek, perubahan proyek, kondisi cuaca, kekurangan tenaga kerja, material atau peralatan, kesalahan perencanaan atau data teknis.

Keterlambatan pelaksanaan proyek konstruksi dapat diatasi dengan mendorong pelaksanaan untuk mencapai tujuan dan rencana, salah satu metode percepatan yang tersedia dengan cara ini adalah metode TCTO (Time Cost Trade Off) dan metode manual, lembur sekitar 1 jam dan 2 jam. jam tambahan ditambahkan.

Dari analisis yang telah dilakukan, didapatkan hasil untuk metode TCTO dengan lembur 1 jam pengurangan biaya sebesar Rp.259.429.883,74, lembur 2 jam pengurangan biaya sebesar Rp.237.188.141,75, sedangkan dengan metode Manual lembur 1 jam pengurangan biaya sebesar Rp.83.265.953,67, lembur 2 jam pengurangan biaya sebesar Rp.123.410.163,47 dari biaya proyek normal sebesar Rp.15.000.000.000, dengan pengurangan waktu lembur 1 jam sebanyak 10 hari, dan sedangkan lembur 2 jam sebanyak 23 hari dari waktu normal 150 hari kalender.

Kata Kunci : penambahan jam kerja lembur, *time cost trade off*, *crash cost*, *cost slope*, metode manual.

ABSTRACT

in the implementation of construction projects, actual schedule on the ground which can cause overruns in implementation time and costs, making the project difficult to implement. Causes of delays are changes in project situations, project changes, weather conditions, shortages of manpower, materials or equipment, planning errors or technical data.

Therefore, delays in the implementation of construction projects can be overcome encouraging implementation to achieve goals and plans, one of the acceleration methods available in this way is the TCTO (Time Cost Trade Off) method and the manual method, overtime is around 1 hour and 2 hours. extra hours added. From the analysis that has been carried out, the results obtained for the TCTO method with 1 hour overtime cost reduction of Rp. 259,429,883.74, 2 hour overtime cost reduction of Rp. 237,188,141.75, while the 1 hour manual method reduces costs of Rp. 83,265,953.67, 2 hours overtime cost reduction of Rp.123,410,163.47 from the normal project costs of Rp.15,000,000,000, with a reduction of 1 hour overtime by 10 days, and while 2 hours overtime is 23 days from normal time 150 calendar days.

Keywords : *additional overtime hours, time cost trade off, crash cost, cost slope, manual method.*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada saat pelaksanaan suatu proyek konstruksi di lapangan seringkali terjadi penyimpangan dari jadwal yang sebenarnya, penambahan waktu dan biaya pelaksanaan serta mempersulit pengoperasian proyek, penyebab keterlambatan adalah perubahan kondisi proyek, perubahan desain, pengaruh faktor cuaca, permintaan tenaga kerja yang tidak mencukupi, bahan atau peralatan, kesalahan desain atau spesifikasi. (Irawan & Juara, 2021)

Durasi harus dipercepat, mengingat ada beberapa proyek yang tidak bisa ditunda atau ditunda. Karena tenaga kerja yang terbatas, pilihan umum untuk mempercepat operasi adalah dengan menambah waktu lembur, yang mempengaruhi total biaya proyek TCTO. (Fadllan, 2017)

Usai merampungkan Jembatan Serayu Pegalangan - Mandirancan Tahap II Kabupaten Banyumas. Dari awal pekerjaan sudah ada indikasi keterlambatan, oleh karena itu peneliti mendorong dan menjadwalkan ulang untuk menyelesaikan proyek ini.

Sebab tersebut, kunci keberhasilan proyek yang paling penting adalah peran aktif manajemen, yaitu meninjau rencana proyek untuk menentukan fase perubahan mendasar untuk mengurangi keterlambatan proyek. Keterlambatan pekerjaan proyek dapat ditangkal dengan mempercepat pekerjaannya, guna mencapai tujuan dan rencana, metode percepatan yang dipakai peneliti ialah metode TCTO (Time Cost Trade Off) dan metode manual yaitu 1 jam dan 2 kali lembur. (Oktaviani, Majid, & Risdiawati, 2019)

1.2. Rumusan Masalah

- a. Bagaimana cara mengatasi keterlambatan proyek?
- b. Berapa lama waktu dan biaya yang dibutuhkan selama pengerjaan proyek jika menggunakan TCTO (Time Cost Trade Off) dan cara manual?

1.3. Maksud dan Tujuan

- a. Penetapan keterlambatan pelaksanaan proyek pembangunan jembatan.
- b. Menghitung waktu dan biaya setelah percepatan runtime proyek dengan menggunakan metode TCTO (Time Cost Trade Off) dan metode manual.

1.4. Manfaat Penelitian

- a. Mahasiswa mengetahui cara mempercepat waktu proyek, menganalisis waktu yang dihasilkan dari waktu proyek yang dipercepat dan mengetahui cara menghitung biaya setelah percepatan.
- b. Menjadi acuan target konstruksi yang mengalami tenggat tahap proyek.
- c. Menawarkan alternatif pertimbangan kepada kontraktor konstruksi selama pelaksanaan proyek, sehingga dapat mengalami percepatan waktu proyek dan biaya akibat percepatan proyek.
- d. Memberikan manfaat praktis yaitu optimalisasi pekerjaan proyek konstruksi agar lebih efisien.

2. METODE

Penelitian percepatan waktu konstruksi dilakukan dengan asumsi jam lembur bertambah 1 jam dan 2 jam per hari. Informasi pendukung yang digunakan adalah RAB dan kurva-S. Penelitian dilakukan dengan menganalisis percepatan kerja kritis. (Nur Aisyah, 2018)

Tahapan penelitian yang dilakukan yaitu :

- a. Menganalisis job description, ikatan dengan pekerjaan dan durasi pekerjaan berdasarkan *schedule*.
- b. Kembangkan desain jaringan dengan CPM dan identifikasi fungsi kritis.
- c. Produktivitas tenaga kerja adalah perbandingan antara pekerjaan yang dilakukan dan sumber dayayang digunakan.

Dengan langkah perhitungan sebagai berikut :

- Tentukan jumlah durasi normal (diketahui dari informasi kontrak)
- Perhitungan produktivitas harian dengan samaan:
- produktivitas harian = $\frac{\text{Volume}}{\text{durasi normal}}$
- Produktivitas perjam dihitung dengan persamaan :
- produktivitas perjam = $\frac{\text{produktivitas harian}}{\text{jam kerja perhari}}$
- Produktivitas harian sesudah crash dihitung dengan persamaan :
- Produktivitas harian sesudah crash = (produktivitas harian + (jam lembur x produktivitas perjam x 75%))
- *Crash Duration* dihitung dengan persamaan :
- *Crash Duration* = $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{produktivitas harian sesudah crash}}$
- Upah kerja = $\frac{\text{Biaya normal}}{\text{durasi normal}}$
- Upah normal perhari = $\frac{\text{upah kerja}}{7}$
- Upah normal perjam = $\frac{1}{173} \times \text{upah kerja}$
- Upah lembur 1 jam = 1,5 x upah normal perjam
- Upah lembur 2 jam = 2,5 x upah normal perjam
- Biaya upah lembur total = jumlah tenaga kerja x upah lembur 1jam / 2jam
- Biaya upah kerja + lembur = upah kerja + biaya lembur total / *crash duration*
- *Crash cost* = biaya kerja lembur x *crash duration*
- *Cost slope* = $\frac{\text{biaya percepatan}-\text{biaya normal}}{\text{durasi normal}-\text{crash duration}}$

d. Evaluasi hasil percepatan setelah TCTO dan analisis manual memberikan Keluaran berupa waktu dan biaya proyek baru. Durasi proyek optimal dengan biaya serendah mungkin dipilih dari banyak waktu penyelesaian proyek baru.(Frederika, 2010)

e. Network Planning (Jaringan Kerja),

Dalam penyusunan mesh, perlu diperhatikan kode di ilustrasi CPM, antara lain sebagai berikut.(Abimanyuaji P, 2021)

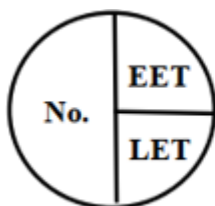
- Panah / aksi

Panah menerangkan interaksi antara aktivitas, panah mewakili aktivitas. Ada 3 jenis :

- ➔ : menunjukkan kegiatan biasa
- ➔ : menunjukkan kegiatan kritis
- ➔ : menunjukkan kegiatan dummy

Dummy karena ada dua aktivitas yang dimulai pada node kembar.

- Bulat / acara



Keterangan :

- EET (*Earliest Event Time*) : Saat kejadian paling awal
- LET (*Latest Event Time*) : Saat kejadian paling lambat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Penelitian

Hasil desain meliputi lembur yang dihasilkan dari perencanaan lembur fungsi kritis proyek pembangunan jembatan dengan nilai kontrak Rp. 15.000.000.000. Operasi normal per hari

selama 7 jam kerja adalah 08:00 - 12:00 WIB dan 13:00 - 16:00, sedangkan pukul 12:00 - 13:00 digunakan untuk waktu rehat. Kerja lembur dilakukan setelah jam kerja normal selama 1 jam atau 2 jam per hari dari pukul 17:00 sampai dengan 18:00 WIB. Lembur 1 jam dan lembur 2 jam mulai pukul 17.00 s/d 19.00WIB.

Gaji karyawan dihitung untuk lembur 1 jam 1,5 kali upah/jam dan lembur 2 jam 2,5 kali lipat. Produktivitas tenaga kerja dihitung sebesar 75% dari produktivitas normal. Penelitian diawali dengan pelaksanaan atau pemilihan kegiatan tertentu berdasarkan data laporan pekerjaan yang telah diselesaikan, dan diperoleh sebanyak 7 kegiatan yang dipercepat. Untuk pekerjaan yang mengalami keterlambatan dapat ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Pekerjaan yang mengalami keterlambatan

| No | Jenis Kegiatan | Satuan | Kuantitas |
|---|--|----------------|------------|
| Divisi 7. Struktur Bangunan Atas Jembatan | | | |
| 1 | Baja Tulangan Ulir U39 | Kg | 59.691,28 |
| 2 | Pemasangan jembatan rangka baja yang sediakan pengguna jasa | Kg | 342.800,00 |
| 3 | Plat deck 100x160x7 cm K-350 | Buah | 84,00 |
| Divisi 7. Struktur Bangunan Pengaman Jembatan | | | |
| 4 | Baja tulangan ulir U39 (retaining wall tepi sungai sisi Mandirancan) | Kg | 38.089,17 |
| 5 | Tiang Bor Beton diameter 800mm (beton memadat sendiri/SCC fc'30 Mpa + cashingtebal 12mm) | M ¹ | 320,00 |
| 6 | Tiang Bor Beton diameter 800mm (beton memadat sendiri/SCC fc'30 Mpa + tanpa cashing) | M ¹ | 320,00 |
| Divisi 7. Struktur Bangunan Pendekat / Oprit Jembatan | | | |

a. Perhitungan Metode Tcto (Time Cost Trade Off)

➤ **Perhitungan Crash Duration**

Hasil perhitungan *Crash duration* dengan lembur 1 jam ditunjukkan pada tebal 2 dan 3.

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Crash Duration* lembur 1 jam

| No | Jenis | A | b | c = a/b | d = c/7 | f = c+(1 x d x 75%) | f = a/e |
|----|-------|------------|----|----------|---------|---------------------|---------|
| 1 | A | 59.691,28 | 49 | 1.218,19 | 174,03 | 1.348,71 | 44 |
| 2 | B | 342.800,00 | 42 | 8.161,90 | 1165,99 | 9.036,39 | 38 |
| 3 | C | 84,00 | 14 | 6,00 | 0,86 | 6,64 | 13 |
| 4 | D | 38.089,17 | 35 | 1.088,26 | 155,47 | 1.204,86 | 32 |
| 5 | E | 320,00 | 21 | 15,24 | 2,18 | 16,87 | 19 |
| 6 | F | 320,00 | 21 | 15,24 | 2,18 | 16,87 | 19 |
| 7 | G | 147.842,50 | 77 | 1.920,03 | 274,29 | 2.125,75 | 70 |

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Crash Duration* lembur 2 jam

| No | Jenis | a | b | c = a/b | d = c/7 | f = c+(2 x d x 75%) | f = a/e |
|----|-------|------------|----|----------|---------|---------------------|---------|
| 1 | A | 59.691,28 | 49 | 1.218,19 | 174,03 | 1.479,23 | 40 |
| 2 | B | 342.800,00 | 42 | 8.161,90 | 1165,99 | 9.910,88 | 35 |
| 3 | C | 84,00 | 14 | 6,00 | 0,86 | 7,29 | 12 |
| 4 | D | 38.089,17 | 35 | 1.088,26 | 155,47 | 1.321,46 | 29 |
| 5 | E | 320,00 | 21 | 15,24 | 2,18 | 18,50 | 17 |
| 6 | F | 320,00 | 21 | 15,24 | 2,18 | 18,50 | 17 |
| 7 | G | 147.842,50 | 77 | 1.920,03 | 274,29 | 2.331,47 | 63 |

Keterangan notasi :

- a. Volume
- b. Durasi Normal
- c. Produktifitas Hariand Produktifitas Perjam
- d. Produktivitas Harian Sesudah Crash
- e. f*Crash Duration*

➤ **Menghitung Nilai Crash Cost**

Crash cost merupakan porto buat merampungkan suatu aktivitas pada ketika yg dipercepat, ataupun pada ketika sesingkat mungkin. Hasil perhitungan dapat ditunjukkan pada

tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Hasil perhitungan Nilai *Crash Cost* lembur 1 jam

| No | Jenis Kegiatan | A | B | C |
|----|----------------|----|--------------|------------|
| 1 | A | 44 | 1.449.840,71 | 63.792.991 |
| 2 | B | 38 | 1.707.758 | 64.894.798 |
| 3 | C | 13 | 855.669 | 11.123.699 |
| 4 | D | 32 | 1.280.182 | 40.965.824 |
| 5 | E | 19 | 1.423.132 | 27.039.499 |
| 6 | F | 19 | 853.879 | 16.223.699 |
| 7 | G | 70 | 394.921 | 27.644.452 |

Tabel 5. Hasil perhitungan Nilai *Crash Cost* lembur 2 jam

| No | Jenis Kegiatan | A | B | C |
|----|----------------|----|--------------|------------|
| 1 | A | 40 | 1.453.874,64 | 58.154.986 |
| 2 | B | 35 | 1.714.038 | 59.991.329 |
| 3 | C | 12 | 860.236 | 10.322.832 |
| 4 | D | 29 | 1.284.588 | 37.026.373 |
| 5 | E | 17 | 1.428.709 | 24.288.054 |
| 6 | F | 17 | 857.225 | 14.572.832 |

Keterangan:

- a. *Crash Duration*
- b. Biaya Upah kerja + Lembur *Crash Cost*

➤ **Menghitung Nilai *Cost Slope***

Kemiringan biaya adalah rasio kenaikan biaya terhadap percepatan waktu penyelesaian proyek, dihitung dengan mengurangi biaya kecelakaan dari biaya normal proyek dan kemudian membaginya dengan pengurangan antara durasi normal dan durasi kecelakaan.

Tabel 6. Hasil perhitungan Nilai *Cost Slope* lembur 1 jam

| No | Jenis Kegiatan | A | B | C | D | E |
|----|----------------|----|------------|----|------------|-------------|
| 1 | A | 49 | 70.805.000 | 44 | 63.792.991 | - 1.402.402 |
| 2 | B | 42 | 71.400.000 | 38 | 64.894.798 | - 1.626.301 |
| 3 | C | 14 | 11.900.000 | 13 | 11.123.699 | - 776.301 |
| 4 | D | 35 | 44.625.000 | 32 | 40.965.824 | - 1.219.725 |
| 5 | E | 21 | 29.750.000 | 19 | 27.039.499 | - 1.355.250 |
| 6 | F | 21 | 17.850.000 | 19 | 16.223.699 | - 813.150 |
| 7 | G | 77 | 30.345.000 | 70 | 27.644.452 | - 385.793 |

Tabel 7. Hasil perhitungan Nilai *Cost Slope* lembur 2 jam

| No | Jenis Kegiatan | A | B | C | D | E |
|----|----------------|----|------------|----|------------|-------------|
| 1 | A | 49 | 70.805.000 | 40 | 58.154.986 | - 1.405.557 |
| 2 | B | 42 | 71.400.000 | 35 | 59.991.329 | - 1.629.810 |
| 3 | C | 14 | 11.900.000 | 12 | 10.322.832 | - 788.584 |
| 4 | D | 35 | 44.625.000 | 29 | 37.026.373 | - 1.230.254 |
| 5 | E | 21 | 29.750.000 | 17 | 24.288.054 | - 1.365.487 |
| 6 | F | 21 | 17.850.000 | 17 | 14.572.832 | - 819.292 |
| 7 | G | 77 | 30.345.000 | 63 | 25.086.814 | - 386.966 |

Keterangan notasi :

- a. Durasi Normal
- b. Biaya Normal
- c. *Crash Duration*
- d. *Crash Cost*
- e. *Cost Slope*

b. Perhitungan Metode Manual

Perhitungan Manual adalah suatu cara yang digunakan untuk menghitung suatu data dalam bentuk manual yang dimana terdapat proses yang bertahap sesuai dengan langkah yang disesuaikan.

Perhitungan *Normal Duration*, *Crash Duration*, dan Lembur

Tabel 8. Hasil perhitungan *Normal Duration*, *Crash Duration*, dan Lembur pada (1 jam lembur)

| <i>Normal Duration</i> | | | | | | | | | |
|------------------------|------------|----------------|----|--------|----|----------|----------|---------------|--------------|
| No | A | B | C | D | E | F=A/E | G=F/7 | H=B/E | I=H/C |
| 1 | 59.691,28 | 830.558.890,98 | 17 | 76.000 | 49 | 1.218,19 | 174,03 | 16.950.181,45 | 997.069,50 |
| 2 | 342.800,00 | 816.892.400 | 20 | 76.000 | 42 | 8.161,90 | 1.165,99 | 19.449.819,03 | 972.490,95 |
| 3 | 84,00 | 42.168.000 | 10 | 76.000 | 14 | 6,00 | 0,86 | 3.012.000 | 301.200 |
| 4 | 38.089,17 | 542.254.316,76 | 15 | 76.000 | 35 | 1.088,26 | 155,47 | 15.492.980,48 | 1.032.869,37 |
| 5 | 320,00 | 1.752.061.120 | 10 | 76.000 | 21 | 15,24 | 2,18 | 83.431.481,90 | 8.343.148,19 |
| 6 | 320,00 | 623.115.200 | 10 | 76.000 | 21 | 15,24 | 2,18 | 29.672.152,38 | 2.967.215,24 |

| <i>Crash Duration</i> | | | | | | |
|-----------------------|-----------------|---------|---------|---------------|--------------|---------------|
| No | J = F+(2xGx75%) | K = A/J | L = J/7 | M = B/K | N = M/C | O = (1/173)xN |
| 1 | 1.479,23 | 44 | 193 | 18.766.272,32 | 1.103.898,37 | 6.380,92 |
| 2 | 9.910,88 | 38 | 1.291 | 21.533.728,23 | 1.076.686,41 | 6.223,62 |
| 3 | 7,29 | 13 | 1 | 3.334.714,29 | 333.471,43 | 1.927,58 |
| 4 | 1.321,46 | 32 | 172 | 17.152.942,67 | 1.143.529,51 | 6.610 |
| 5 | 18,50 | 19 | 2 | 92.370.569,25 | 9.237.056,93 | 53.393,39 |
| 6 | 18,50 | 19 | 2 | 32.851.311,56 | 3.285.131,16 | 18.989,20 |
| 7 | 2.331,47 | 70 | 304 | 29.305.595,66 | 1.723.858,57 | 9.964,50 |

| <i>Lembur</i> | | | | | |
|---------------|-------------|------------|--------------|---------------|-------------------|
| No | P = 1,5 x O | Q = P x C | R = Q+N/K | S = R x K | T = (S-M) / (E-K) |
| 1 | 9.571,37 | 162.713,34 | 187.655,65 | 8.305.276,04 | - 2.206.060,44 |
| 2 | 9.335,43 | 186.708,63 | 215.090,67 | 8.159.568,49 | - 3.290.467,87 |
| 3 | 2.891,37 | 28.913,71 | 55.285,17 | 699.089,93 | - 1.945.341,79 |
| 4 | 9.915 | 148.724,94 | 184.897,81 | 5.845.156,54 | - 3.338.489,24 |
| 5 | 80.900,89 | 800.900,89 | 1.287.888,58 | 24.428.338,31 | - 33.431.891,41 |
| 6 | 28.483,80 | 284.837,96 | 458.033,65 | 8.687.864,10 | - 11.889.950,34 |
| 7 | 14.946,75 | 254.094,76 | 278.881,22 | 19.395.739,30 | - 1.329.894,14 |

Tabel 9. Hasil perhitungan *Normal Duration*, *Crash Duration*, dan Lembur (2 jam lembur)

| <i>Normal Duration</i> | | | | | | | | | |
|------------------------|------------|------------------|----|--------|----|----------|----------|---------------|--------------|
| No | A | B | C | D | E | F=A/E | G=F/7 | H=B/E | I=H/C |
| 1 | 59.691,28 | 830.558.890,98 | 17 | 76.000 | 49 | 1.218,19 | 174,03 | 16.950.181,45 | 997.069,50 |
| 2 | 342.800,00 | 816.892.400 | 20 | 76.000 | 42 | 8.161,90 | 1.165,99 | 19.449.819,03 | 972.490,95 |
| 3 | 84,00 | 42.168.000 | 10 | 76.000 | 14 | 6,00 | 0,86 | 3.012.000 | 301.200 |
| 4 | 38.089,17 | 542.254.316,76 | 15 | 76.000 | 35 | 1.088,26 | 155,47 | 15.492.980,48 | 1.032.869,37 |
| 5 | 320,00 | 1.752.061.120 | 10 | 76.000 | 21 | 15,24 | 2,18 | 83.431.481,90 | 8.343.148,19 |
| 6 | 320,00 | 623.115.200 | 10 | 76.000 | 21 | 15,24 | 2,18 | 29.672.152,38 | 2.967.215,24 |
| 7 | 147.842,50 | 2.038.156.910,82 | 17 | 76.000 | 77 | 1.920,03 | 274,29 | 26.469.570,27 | 1.557.033,55 |

| <i>Crash Duration</i> | | | | | | |
|-----------------------|-----------------|---------|---------|----------------|---------------|---------------|
| No | J = F+(2xGx75%) | K = A/J | L = J/7 | M = B/K | N = M/C | O = (1/173)xN |
| 1 | 1.479,23 | 40 | 211 | 20.582.363,19 | 1.210.727,25 | 6.998,42 |
| 2 | 9.910,88 | 35 | 1.416 | 23.617.637,41 | 1.180.881,87 | 6.825,91 |
| 3 | 7,29 | 12 | 1 | 3.657.428,57 | 365.742,86 | 2.114,12 |
| 4 | 1.321,46 | 29 | 189 | 18.812.904,87 | 1.254.193,66 | 7.249,67 |
| 5 | 18,50 | 17 | 3 | 101.309.656,60 | 10.130.965,66 | 58.560,50 |
| 6 | 18,50 | 17 | 3 | 36.030.470,75 | 3.603.047,07 | 20.826,86 |
| 7 | 2.331,47 | 63 | 333 | 32.141.621,04 | 1.890.683,59 | 10.928,81 |

| Lembur | | | | | |
|--------|--------------------|------------------|---------------|------------------|-------------------------|
| No | $P = 2,5 \times O$ | $Q = P \times C$ | $R = Q + N/K$ | $S = R \times K$ | $T = (S - M) / (E - K)$ |
| 1 | 17.496,06 | 297.432,99 | 327.436,44 | 13.213.023,36 | - 852.236,58 |
| 2 | 17.064,77 | 341.295,34 | 375.436,48 | 12.985.685,34 | - 1.434.469,72 |
| 3 | 5.285,30 | 52.853,01 | 84.575,61 | 975.107,02 | - 1.085.701,58 |
| 4 | 18.124,19 | 271.862,79 | 315.375,63 | 9.090.238,70 | - 1.574.145,95 |
| 5 | 146.401,24 | 1.464.012,38 | 2.049.816,52 | 35.449.767,97 | - 17.771.715,98 |
| 6 | 52.067,15 | 520.671,54 | 729.011 | 12.607.601,99 | - 6.320.456,65 |

Keterangan:

- a) Volume
- b) Total Biaya
- c) Jumlah Pekerja
- d) Upah Pekerja (OH) sesuai AHSP 2021
- e) Durasi Normal
- f) Produktivitas Harian
- g) Produktivitas Perjam
- h) Upah / hari
- i) Upah Pekerja (OH) / hari
- j) Produktivitas sesudah crash
- k) *Crash Duration*
- l) Produktivitas jam sesudah crash
- m) Upah / hari
- n) Upah (OH) / hari
- o) Upah / jam
- p) Lembur 1 jam
- q) Lembur total
- r) Upah + lembur
- s) *Crash Cost*
- t) *Cost Slope*

3.2. Pembahasan

Pembahasan mengenai waktu yang dibutuhkan setelah percepatan dengan Metode TCTO (*Time Cost Trade Off*) dan Metode Manual.

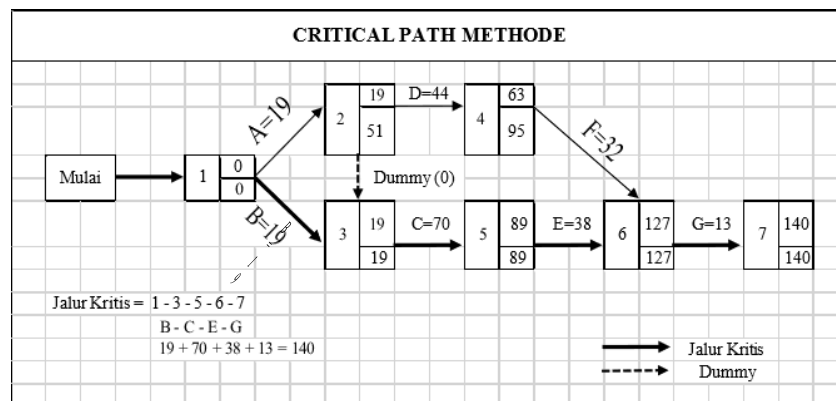
Efisiensi waktu proyek adalah perbandingan antara waktu rencana proyek dengan waktu digunakan jalan pintas percepatan jam kerja lembur 1 jam dan 2 jam. Setelah menghitung biaya dari masing-masing aktivitas pekerjaan yang telah dilakukan percepatan maka selanjutnya dilakukan membuat jaringan kerja (*Network Planning*) dengan metode CPM.

Penyusunan Jaringan Kerja

a. Lembur 1 jam

Tabel 10. Susunan Pekerjaan Proyek

| No | Kode | Simbol | Predecessor | Durasi |
|----|-----------|--------|-------------|--------|
| 1 | 7.6 (19a) | A | - | 19 |
| 2 | 7.6 (19e) | B | - | 19 |
| 3 | 7.3 (3a) | C | A,B | 70 |
| 4 | 7.3 (3a) | D | A | 44 |
| 5 | 7.4 (5a) | E | C | 38 |
| 6 | 7.3 (3a) | F | D,E | 32 |
| 7 | DP | G | E | 13 |

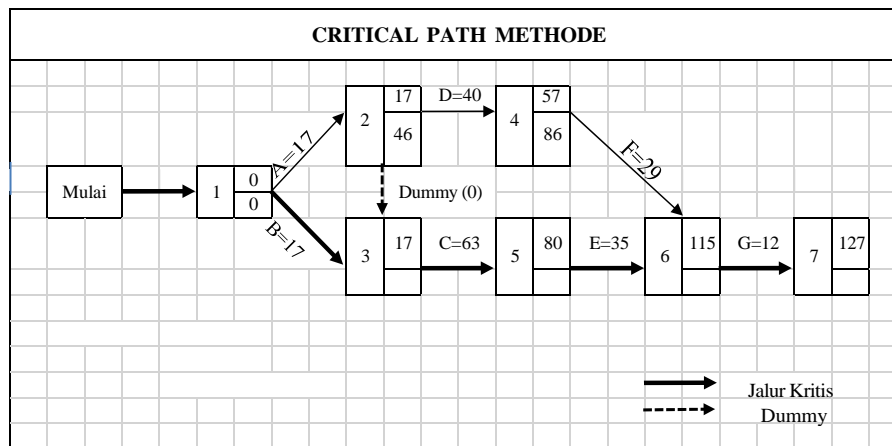


Gambar 1. Diagram CPM lembur 1 jam

b. Lembur 2 jam

Tabel 11. Susunan Pekerjaan Proyek

| No | Kode | Simbol | Predecessor | Durasi |
|----|-----------|--------|-------------|--------|
| 1 | 7.6 (19a) | A | - | 17 |
| 2 | 7.6 (19e) | B | - | 17 |
| 3 | 7.3 (3a) | C | A,B | 63 |
| 4 | 7.3 (3a) | D | A | 40 |
| 5 | 7.4 (5a) | E | C | 35 |
| 6 | 7.3 (3a) | F | D,E | 29 |
| 7 | DP | G | E | 12 |



Gambar 2. Diagram CPM lembur 2 jam

Berdasarkan gambar 1 dan 2 dapat dijelaskan bahwa dari beberapa item pekerjaan yang mengalami keterlambatan hingga berpengaruh pada item pekerjaan yang lainnya, setelah dilakukan evaluasi menggunakan metode CPM dengan melemburkan tenaga kerja selama 2 jam tanpa menambah jumlah pekerja dapat dilakukan efisiensi waktu pekerjaan selama 23 hari dan terjadi penghematan anggaran sebesar Rp.123.410.163,47.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Kajian menggunakan metode TCTO (Time Cost Trade Off) dan manual tambahan waktu lembur 1 jam dan 2 jam.

- a. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan percepatan untuk lembur 1 jam penurunan waktu sebanyak 10 hari dan sedangkan lembur 2 jam sebanyak 23 hari dari total waktu proyek 150 hari.
 - b. Biaya yang dibutuhkan untuk melakukan percepatan :
 - Metode TCTO (*Time Cost Trade Off*) lembur 1 jam diperoleh Rp. 14.740.570.116,27 dengan pengurangan biaya sebanyak Rp.259.429.883,74.
 - Metode TCTO (*Time Cost Trade Off*) lembur 2 jam diperoleh Rp.14.726.811.858,25 dengan pengurangan biaya sebanyak Rp.237.188.141,75.
 - Metode Manual lembur 1 jam diperoleh Rp.14.916.734.046,34 dengan pengurangan biaya sebanyak Rp.83.265.953,67.
 - Metode Manual lembur 2 jam diperoleh Rp.14.876.589.836,53 dengan pengurangan biaya sebanyak Rp.123.410.163,47.
- Dari uraian diatas bahwa hasil yang paling optimum adalah Metode TCTO dengan lembur 2 jam, karena efektif diwaktunya.

4.2. Saran

- a. Diharapkan peneliti selanjutnya dapat lebih melebarkan analisis metode TCTO (Time Cost TradeOff) dan metode manual, bukan dengan menambah lembur, tetapi dengan menambah alat, sumberdaya manusia dan kemampuan menganalisisnya semua. pekerjaan yang harus diselesaikan dari awal sejak itu, hasil analisis telah membaik.
- b. Cari tahu tentang studi sebelumnya, buku dan peraturan yang terkait dengan pekerjaan ini.
- c. Subyek bukan hanya jembatan, berupa rumah, jalan, bendungan atau proyek pembangunan lainnya.
- d. Setelah memilih proyek yang akan diteliti, ada baiknya cek apakah sesuai dengan kriteria apa tidak.

DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyuaji P, M. (2021). *Analisis Percepatan Waktu Proyek Konstruksi Dengan Metode Time Cost Trade Off (Analysis on Scheduling Acceleration for Construction Project Using Time-Cost Trade-Off Method)*.
- Fadllan. (2017). Analisis Optimasi Waktu Dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Pembangunan Kapal: Studi Kasus Pembangunan Kapal Kelas I Kenavigasian Di Galangan Kapal Batam, Kepulauan Riau. *Tugas Akhir, ITS*.
- Frederika, A. (2010). Analisis Percepatan Pelaksanaan Dengan Menambah Jam Kerja Optimum Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Super Villa, Peti Tenget-Badung). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, 14(2)*, 113–126.
- Irawan, Y. A., & Juara, A. (2021). *Analisa Optimasi Biaya Dan Waktu Metode Tcto (Time Cost Trade Off) (Study Kasus : Preservasi Jalan Ruas Sp . Gunung Kemala – Sanggi)*. *11(2)*, 16–23.
- Nur Aisyah, R. (2018). Pengendalian biaya dan waktu pada proyek penyelesaian gedung perawatan Obsgyn dan anak (Dua Lantai) (Study Kasus : RSUD Kolonedale Kabupaten Morowali Utara). *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Oktaviani, C. Z., Majid, I. A., & Risdiawati, R. (2019). Percepatan Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi Dengan Metode Cpm Dan Tcto. *Inersia, Jurnal Teknik Sipil, 11(1)*, 33–40. <https://doi.org/10.33369/ijts.11.1.33-40>