

ANALISIS WAKTU DAN BIAYA PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI DENGAN MENGGUNAKAN MICROSOFT PROJECT PADA PEMBANGUNAN STRUKTUR *SHOWROOM*

(Studi Kasus: Jln. M. Yamin Samarinda Kalimantan Timur)

Yizhart Wira Bidang Gala¹⁾, Tiopan Henry M. Gultom²⁾, Budi Haryanto³⁾, Johannes E. Simangunsong⁴⁾, Dharwati P. Sari⁵⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda

Email: yizhartwira10@gmail.com

^{2,3,4,5)}Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda
Email: tiopanhmg@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu faktor penting di dalam perencanaan sebuah proyek konstruksi adalah bagaimana mengelola proyek agar proyek tersebut selesai tepat waktu atau lebih cepat dari waktu yang telah ditentukan. Apabila waktu pelaksanaan proyek sesuai dengan kontrak atau bahkan lebih cepat, maka biaya yang dikeluarkan bisa memberikan keuntungan dan juga terhindar dari adanya denda akibat keterlambatan penyelesaian proyek.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung perubahan biaya dan waktu pelaksanaan proyek dengan menambahkan pekerja dan jam kerja (lembur), kemudian membandingkan hasil antara penambahan tenaga kerja atau jam kerja (lembur) yang mana lebih efisien. Perhitungan dimulai dengan mencari lintasan kritis menggunakan program microsoft project kemudian dianalisis menggunakan metode *Time Cost Trade Off*.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pada penambahan tenaga kerja diperoleh waktu percepatan optimum 125,99 hari dengan pengurangan biaya sebesar Rp. 141.365.991 atau efisiensi waktu sebesar 42,72% dan biaya sebesar 1,40%. Pada penambahan jam kerja lembur diperoleh waktu percepatan 211 hari dengan pengurangan biaya sebesar Rp. 28.109.783 atau efisiensi waktu sebesar 12,45% dan biaya sebesar 0,28%. Pada mulanya proyek memiliki durasi 241 hari dengan total biaya Rp.10.206.230.607,38. Sehingga metode percepatan dengan penambahan tenaga kerja merupakan alternatif paling optimal.

ABSTRACT

One of the important factors in planning a construction project is how to manage the project so that it is completed on time or earlier than the schedule deadline. If the project execution time aligns with the contract or is even faster, the costs incurred can provide benefits and avoid penalties due to project completion delays.

The purpose of this study is to calculate changes in project costs and duration by adding workers and working hours (overtime), then compare the results to determine which approach – adding workers or working hours (overtime) – is more efficient. The calculation begins by identifying the critical path using microsoft project and is then analyzed using the Time Cost Trade Off method.

The results of this study indicate that adding workers achieves an optimal acceleration time of 125.99 days, with a cost reduction of Rp. 141.365.991, representing a time efficiency of 42.72% and a cost efficiency of 1.40%. adding overtime hours results in an acceleration time of 211 days, with a cost reduction of Rp. 28.109.783, representing a time efficiency of 12.45% and a cost efficiency of 0.28%. Initially, the project had a duration of

241 days with a total cost of Rp. 10.206.230.607,38. Therefore, the acceleration method using additional workers is the most optimal alternative.

Keywords: *Time Cost Trade Off, Time Schedule, Time and Cost Analysis, TCTO, Cost Budget Plan, Structure*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proyek merupakan upaya yang mengerahkan sumber daya yang tersedia, yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan penting tertentu serta harus diselesaikan dalam jangka waktu terbatas sesuai dengan kesepakatan. Dalam suatu proyek konstruksi terdapat tiga hal penting yang harus diperhatikan yaitu hal mengenai waktu, biaya dan mutu.

Pada umumnya, mutu konstruksi merupakan elemen dasar yang harus dijaga untuk senantiasa sesuai dengan perencanaan. Namun, pada kenyataannya sering terjadi pembengkakan biaya sekaligus keterlambatan waktu pelaksanaan. Pada pelaksanaan konstruksi terkadang terjadi keterlambatan, bahkan bisa dikatakan hampir 80% proyek mengalami keterlambatan. Keterlambatan tersebut biasanya disebabkan baik dari faktor cuaca, internal maupun eksternal seperti terlambatnya pengiriman material, koordinasi yang lemah, pengawasan yang tidak memadai, dan lain-lain.

Pada penelitian ini akan membahas tentang percepatan pada proyek pembangunan *main dealer* dengan menggunakan metode *time cost trade off*. Pada percepatan akan dilakukan 2 alternatif. Pada penelitian ini alternatif yang dipakai adalah percepatan dengan penambahan tenaga kerja dan penambahan jam lembur.

Dalam hal ini peneliti dihadapkan kepada masalah bagaimana mempercepat penyelesaian proyek dengan biaya yang minimal. Pada percepatan waktu dan biaya menggunakan metode yang digunakan adalah *time cost trade off* yaitu sistem jalur kritis. Peneliti mengharapkan hasil penelitian ini mendapatkan efisiensi dari segi waktu dan biaya. Manfaat penelitian ini sebagai pengetahuan cara melakukan percepatan proyek konstruksi, menghitung biaya setelah dilakukan percepatan pelaksanaan, memberikan informasi tentang waktu penyelesaian proyek konstruksi dengan penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja lembur dan mengetahui cara percepatan waktu dan biaya penyelesaian proyek yang optimal.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa waktu percepatan yang diperlukan untuk menyelesaikan item pekerjaan yang berada di jalur kritis pada Pembangunan Struktur *Showroom Main Dealer* dengan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO)
2. Berapa biaya percepatan yang diperlukan untuk menyelesaikan item pekerjaan yang berada di jalur kritis pada Pembangunan Struktur *Showroom Main Dealer* dengan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO)?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui waktu percepatan yang diperlukan untuk menyelesaikan item pekerjaan yang berada di jalur kritis pada pembangunan Struktur *Showroom Main Dealer* dengan menerapkan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO).
2. Untuk mengetahui biaya percepatan yang diperlukan untuk menyelesaikan item pekerjaan yang berada di jalur kritis pada pembangunan Struktur *Showroom Main Dealer* akibat percepatan dengan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO).

2. LANDASAN TEORI

2.1 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu.

2.2 Biaya Langsung

Biaya langsung adalah keseluruhan biaya yang berkaitan langsung dengan fisik proyek, dan meliputi seluruh biaya dari pekerjaan yang sedang dikerjakan diproyek (dari tahap persiapan hingga penyelesaian) serta biaya untuk mendatangkan seluruh sumber daya yang diperlukan oleh proyek tersebut, atau bisa disebut komponen permanen hasil akhir proyek.

Berikut adalah yang dimaksud biaya langsung:

1. Biaya Material
2. Biaya Peralatan
3. Biaya Tenaga Kerja

2.3 Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung adalah seluruh biaya yang terkait secara tidak langsung, dan dibebankan kepada proyek yang biasanya terjadi di luar proyek namun harus ada dan tidak dapat dihilangkan dari proyek tersebut.

Berikut adalah yang dimaksud biaya tetap atau biaya tidak langsung:

1. Gaji tetap untuk pekerja lapangan, selain pekerja langsung konstruksi bangunan.
2. Alat dan kendaraan berat konstruksi
3. Pembangunan fasilitas sementara, termasuk bilik darurat untuk tenaga kerja, penyediaan sumber daya, fasilitas komunikasi sementara untuk konstruksi, dan lain- lain.
4. Laba atau fee sebagai alternatif untuk menutupi hal-hal yang diluar rencana.
5. Overhead contohnya, biaya pemasaran, advertensi, gaji eksklusif, sewa kantor, telepon, komputer.
6. Pajak, sumbangan, biaya izin, dan asuransi, berbagai macam pajak seperti PPN, PPh, dan lainnya atas hasil operasi perusahaan.

2.4 RAB

Rencana anggaran biaya (*begrooting*) atau selanjutnya disebut RAB untuk suatu pembangunan proyek menurut Ibrahim (1993) adalah perhitungan besarnya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berkaitan dengan pelaksanaan pembangunan proyek.

2.5 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan adalah sesuatu yang dilakukan untuk menyelesaikan proyek pada waktu yang tepat dengan menentukan waktu yang dibutuhkan dan mengurutkan kegiatan secara tepat.

2.6 Kurva S

Menurut Sari, D.P (2024), Warren T. Hanumm mengamati sejumlah besar proyek dari awal sampai akhir untuk mengembangkan grafik kurva S atau *Hanumm curve*. Untuk membuat kurva S, yaitu dengan merencanakan persentase kumulatif dari berat tahapan aktivitas antara durasi proyek pada sumbu vertikal sehingga ketika hasilnya dihubungkan oleh garis maka akan membentuk kurva dalam bentuk huruf S. Bentuk ini terjadi karena *volume* kegiatan di awal proyek biasanya masih kecil, kemudian ditengahnya meningkat dalam jumlah yang cukup besar, kemudian pada akhir proyek *volume* kegiatan kembali menurun.

2.7 Network Planning

Volume 9, Nomor 1, 30 Juni 2025

Sari D.P (2024), menyebutkan *network planning* adalah perencanaan jaringan yang melibatkan semua kegiatan yang dilakukan dalam proyek serta saling ketergantungan hubungan antara satu sama lain. Menurut Sari D.P (2024), *network planning* atau perencanaan jaringan adalah alat yang digunakan untuk merencanakan, menjadwalkan, dan memantau kemajuan aktivitas proyek.

2.8 Metode Time Cost Trade Off

Sari D.P (2024) menerangkan, pertukaran waktu dan biaya atau yang lebih akrab disebut *Time Cost Trade Off* (TCTO) adalah metode yang digunakan untuk mempercepat waktu pelaksanaan pada proyek dengan menguji semua kegiatan dalam sebuah proyek yang berpusat pada kegiatan yang berada di jalur kritis yang disengaja dan sistematis.

2.9 Microsoft Project

Merupakan software administrasi proyek yang digunakan untuk melakukan perencanaan, pengelolaan, pengawasan dan pelaporan data dari suatu proyek. Keunggulan microsoft project adalah kemampuannya menangani perencanaan suatu kegiatan, pengorganisasian dan pengendalian waktu serta biaya yang mengubah *input* data menjadi *output* data sesuai tujuannya.

3. METODOLOGI PENELITIAN

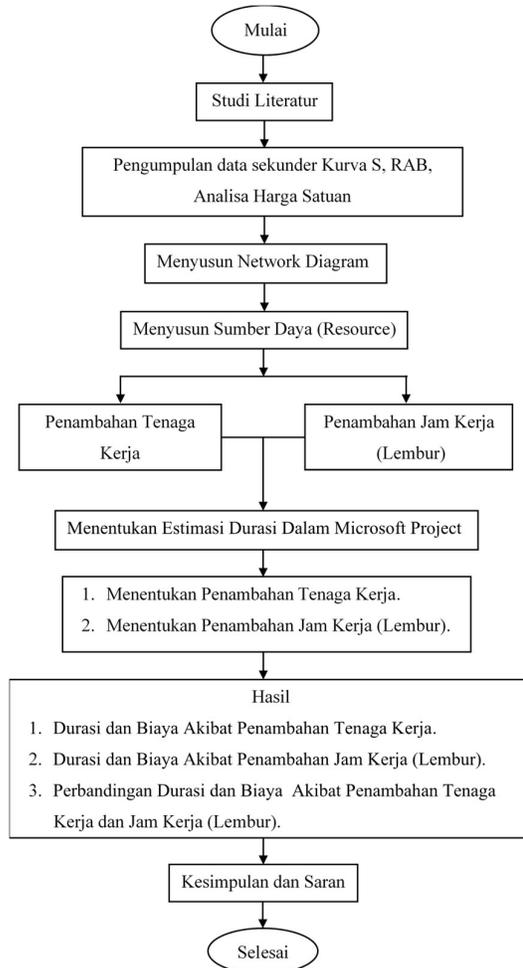
3.1 Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. *Time schedule* (Kurva-S).
- b. Rencana Anggaran Biaya (RAB).
- c. Gambar Proyek.
- d. Analisa Harga Satuan.

3.2 Rancangan Penelitian

Adapun diagram alur penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam proyek Pembangunan Struktur *Showroom Main Dealer* Kota Samarinda Kalimantan Timur, ini terdiri dari sembilan pekerjaan utama. Masing-masing bagian tersusun atas item-item pekerjaan yang lebih spesifik. Pada pekerjaan struktur ini dijadwalkan selesai dalam 241 hari kalender, terhitung mulai tanggal 18 Agustus 2022 sampai dengan 15 April 2022.

4.1 Analisis Menggunakan Metode *Time Cost Trade Off*

4.1.1 Penambahan Tenaga Kerja

Dibawah ini merupakan salah satu perhitungan dalam penambahan tenaga kerja (4 orang):
Pekerjaan bekisting kolom lantai 4 (Normal)

Volume = $374,09 \text{ m}^2$
Durasi normal = 9 hari

Koefisien tenaga kerja per m^2 adalah:
Pekerja = $0,660 \text{ O.H} = \text{Rp. } 100.000,00$
Volume 9, Nomor 1, 30 Juni 2025

Tukang = $0,260 \text{ O.H} = \text{Rp. } 110.000,00$
Kepala Tukang = $0,026 \text{ O.H} = \text{Rp. } 140.000,00$
Mandor = $0,026 \text{ O.H} = \text{Rp. } 140.000,00$

Pekerja

Jumlah pekerja

$$= \frac{\text{Koefisien Tenaga Kerja} \times \text{Volume}}{\text{Normal Duration}} \dots\dots\dots(1.1)$$

$$= \frac{0,660 \text{ O.H} \times 374,09 \text{ m}^2}{9 \text{ Hari}}$$

$$= 27,43 \text{ Orang} = 27 \text{ Orang}$$

Jadi upah pekerja
 $= 27 \text{ orang} \times \text{Rp. } 100.000,00$
 $= \text{Rp. } 2.700.000,00$

Tukang

Jumlah tukang

$$= \frac{\text{Koefisien Tenaga Kerja} \times \text{Volume}}{\text{Normal Duration}} \dots\dots\dots(1.2)$$

$$= \frac{0,260 \text{ O.H} \times 374,09 \text{ m}^2}{9 \text{ Hari}}$$

$$= 10,80 \text{ Orang} = 11 \text{ Orang}$$

Jadi upah pekerja
 $= 11 \text{ orang} \times \text{Rp. } 110.000,00$
 $= \text{Rp. } 1.210.000,00$

Kepala Tukang

Jumlah Kepala Tukang

$$= \frac{\text{Koefisien Tenaga Kerja} \times \text{Volume}}{\text{Normal Duration}} \dots\dots\dots(1.3)$$

$$= \frac{0,026 \text{ O.H} \times 374,09 \text{ m}^2}{9 \text{ Hari}}$$

$$= 1,08 \text{ Orang} = 1 \text{ Orang}$$

Jadi upah pekerja
 $= 1 \text{ orang} \times \text{Rp. } 140.000,00$
 $= \text{Rp. } 140.000,00$

Mandor

Jumlah Mandor

$$= \frac{\text{Koefisien Tenaga Kerja} \times \text{Volume}}{\text{Normal Duration}} \dots\dots\dots(1.4)$$

$$= \frac{0,026 \text{ O.H} \times 374,09 \text{ m}^2}{9 \text{ Hari}}$$

$$= 1,08 \text{ Orang} = 1 \text{ Orang}$$

Jadi upah Mandor
 $= 1 \text{ orang} \times \text{Rp. } 140.000,00$
 $= \text{Rp. } 140.000,00$

Jadi *Normal cost* pada pekerjaan bekisting plat lantai adalah:

$$= (\text{Rp. } 2.700.000,00 + \text{Rp. } 1.210.000,00 + \text{Rp. } 120.000,00 + \text{Rp. } 140.000,00) \times 9 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp. } 37.530.000,00$$

Pekerjaan bekisting kolom lantai 4 (penambahan 2 tenaga kerja).

$$\text{Volume} = 374,09 \text{ m}^2$$

$$\text{Durasi percepatan} = 8,18 \text{ hari}$$

Koefisien tenaga kerja per m^2 adalah:

$$\text{Pekerja} = 0,660 \text{ O.H} = \text{Rp. } 100.000,00$$

$$\text{Tukang} = 0,260 \text{ O.H} = \text{Rp. } 110.000,00$$

$$\text{Kepala Tukang} = 0,026 \text{ O.H} = \text{Rp. } 120.000,00$$

$$\text{Mandor} = 0,026 \text{ O.H} = \text{Rp. } 140.000,00$$

Pekerja

Jumlah pekerja

$$= \frac{\text{Koefisien Tenaga Kerja} \times \text{Volume}}{\text{Crash Duration}} \dots\dots\dots(1.5)$$

$$= \frac{0,660 \text{ O.H} \times 374,09 \text{ m}^2}{8,18 \text{ Hari}}$$

$$= 30,36 \text{ Orang} = 31 \text{ Orang}$$

Jadi upah pekerja

$$= 31 \text{ orang} \times \text{Rp. } 100.000,00$$

$$= \text{Rp. } 3.100.000,00$$

Tukang

Jumlah tukang

$$= \frac{\text{Koefisien Tenaga Kerja} \times \text{Volume}}{\text{Crash Duration}} \dots\dots\dots(1.6)$$

$$= \frac{0,260 \text{ O.H} \times 374,09 \text{ m}^2}{8,18 \text{ Hari}}$$

$$= 11,83 \text{ Orang} = 12 \text{ Orang}$$

Jadi upah pekerja

$$= 12 \text{ orang} \times \text{Rp. } 110.000,00$$

$$= \text{Rp. } 1.320.000,00$$

Kepala Tukang

Jumlah Kepala Tukang

$$= \frac{\text{Koefisien Tenaga Kerja} \times \text{Volume}}{\text{Crash Duration}} \dots\dots\dots(1.7)$$

$$= \frac{0,026 \text{ O.H} \times 374,09 \text{ m}^2}{8,18 \text{ Hari}}$$

$$= 1,18 \text{ Orang} = 2 \text{ Orang}$$

Jadi upah pekerja

$$= 2 \text{ orang} \times \text{Rp. } 120.000,00$$

$$= \text{Rp. } 240.000,00$$

Mandor

Jumlah Mandor

$$= \frac{\text{Koefisien Tenaga Kerja} \times \text{Volume}}{\text{Crash Duration}} \dots\dots\dots(1.8)$$

$$= \frac{0,026 \text{ O.H} \times 374,09 \text{ m}^2}{8,18 \text{ Hari}}$$

$$= 1,18 \text{ Orang} = 2 \text{ Orang}$$

Jadi upah Mandor

$$= 2 \text{ orang} \times \text{Rp. } 140.000,00$$

$$= \text{Rp. } 280.000,00$$

Jadi *Normal cost* pada pekerjaan bekisting plat lantai adalah:

$$= (\text{Rp.}3.100.000,00 + \text{Rp.}1.320.000,00 + \text{Rp.}240.000,00 + \text{Rp. } 280.000,00) \times 8,18 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp. } 40.409.200,00$$

Cost Slope:

$$= \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}} \dots\dots\dots(1.9)$$

$$= \text{Rp } 3.511.220$$

Setelah diperoleh pertambahan biaya (*cost slope*) pada masing-masing kegiatan pekerjaan, *cost slope* diurutkan dari yang terkecil. Tujuannya agar pertambahan biaya langsung yang dihasilkan setelah kompresi dapat diminimalisir.

Tabel 1. Cost Slope

| No. | Pekerjaan Kritis | Slope |
|-----|--|------------|
| 1 | Nok Atap Utama | -Rp470.000 |
| 2 | Turn Buckle | -Rp370.000 |
| 3 | W25 | -Rp370.000 |
| 4 | b. Keliling atap Canopy Samping | -Rp360.000 |
| 5 | Balok Lantai 2 K-350 | -Rp327.500 |
| 6 | Balok Lantai 3 K-351 | -Rp325.681 |
| 7 | b. Atap Canopy Samping | -Rp304.823 |
| 8 | c. Keliling mahkota ACP putih bagian atas terhadap dinding | -Rp304.823 |
| 9 | a. Keliling atap Bangunan Showroom dan Bengkel | -Rp250.000 |
| 10 | Bekisting pasangan bataco Pile Cap | -Rp71.361 |
| 11 | Kolom Lantai 2 K-351 | -Rp57.290 |
| 12 | Kolom Lantai 3 K-352 | -Rp57.290 |
| 13 | Plat Lantai Atap K-350 | -Rp56.119 |
| 14 | W30 | -Rp53.153 |
| 15 | Balok Lantai Atap K-350 | -Rp52.500 |
| 16 | Kolom Lantai 1 K-350 | -Rp51.404 |
| 17 | Lantai Atap | -Rp51.469 |
| 18 | Plat Lantai 3 K-351 | -Rp50.094 |
| 19 | Plat Lantai 4 K-352 | -Rp50.094 |
| 20 | Lantai 3 | -Rp50.000 |
| 21 | Lantai 4 | -Rp50.000 |
| 22 | Lantai 2 | -Rp50.000 |
| 23 | Lantai 4 | -Rp50.000 |
| 24 | Lantai 1 | -Rp49.593 |
| 25 | Lantai 2 | -Rp49.540 |
| 26 | a. Atap Bangunan Showroom dan Bengkel | -Rp48.155 |
| 27 | Urug Pasir Pile cap | -Rp38.246 |
| 28 | Ikatan Angin Plate | -Rp6.617 |

| | | | | | | |
|----|-----------------------|-------------|--------|-----------------|---------------|------------------|
| 29 | Lantai Kerja Pile cap | Rp165.455 | 226,77 | Rp9.902.757.427 | Rp283.462.500 | Rp10.186.219.927 |
| 30 | Kolom Lantai 4 K-353 | Rp201.057 | 223,66 | Rp9.902.452.603 | Rp279.575.000 | Rp10.182.027.603 |
| 31 | Lantai Atap Baja | Rp215.000 | 220,55 | Rp9.902.147.780 | Rp275.687.500 | Rp10.177.835.280 |
| 32 | Galian Tanah Pile cap | Rp346.810 | 217,05 | Rp9.901.897.780 | Rp271.312.500 | Rp10.173.210.280 |
| 33 | W35 | Rp354.455 | 215,36 | Rp9.901.826.419 | Rp269.200.000 | Rp10.171.026.419 |
| 34 | Lantai 3 | Rp370.000 | 214,29 | Rp9.901.769.130 | Rp267.862.500 | Rp10.169.631.630 |
| 35 | Pile cap | Rp545.955 | 213,22 | Rp9.901.711.840 | Rp266.525.000 | Rp10.168.236.840 |
| 36 | Plat Lantai 2 K-350 | Rp607.500 | 212,55 | Rp9.901.655.721 | Rp265.687.500 | Rp10.167.343.221 |
| 37 | Lantai Atap Baja | Rp650.805 | 210,33 | Rp9.901.602.567 | Rp262.912.500 | Rp10.164.515.067 |
| 38 | C1 | Rp695.224 | 209,53 | Rp9.901.550.067 | Rp261.912.500 | Rp10.163.462.567 |
| 39 | Balok Lantai 4 | Rp2.270.000 | 207,82 | Rp9.901.498.664 | Rp259.775.000 | Rp10.161.273.664 |
| 40 | Bakisting Lantai 3 | Rp2.322.273 | 206,39 | Rp9.901.447.195 | Rp257.987.500 | Rp10.159.434.695 |
| 41 | Plat Lantai 4 | Rp2.348.327 | 204,26 | Rp9.901.397.101 | Rp255.325.000 | Rp10.156.722.101 |
| 42 | Plat Lantai 2 | Rp3.360.000 | 202,13 | Rp9.901.347.008 | Rp252.662.500 | Rp10.154.009.508 |
| 43 | Bakisting Lantai 1 | Rp3.441.818 | 196,13 | Rp9.901.297.008 | Rp245.162.500 | Rp10.146.459.508 |
| 44 | Plat Lantai 3 | Rp3.441.818 | 188,13 | Rp9.901.247.008 | Rp235.162.500 | Rp10.136.409.508 |
| 45 | Balok Lantai 3 | Rp3.450.000 | 180,13 | Rp9.901.197.008 | Rp225.162.500 | Rp10.126.359.508 |
| 46 | Bakisting Lantai 2 | Rp3.470.526 | 171,13 | Rp9.901.147.008 | Rp213.912.500 | Rp10.115.059.508 |
| 47 | Bekisting Lantai 4 | Rp3.511.220 | 160,8 | Rp9.901.097.414 | Rp201.000.000 | Rp10.102.097.414 |
| 48 | Plat Lantai Atap | Rp3.919.767 | 156,23 | Rp9.901.047.874 | Rp195.287.500 | Rp10.096.335.374 |
| 49 | Balok Lantai Atap | Rp4.260.000 | 153,9 | Rp9.900.999.719 | Rp192.375.000 | Rp10.093.374.719 |
| 50 | Balok Lantai 2 | Rp4.272.048 | 153,33 | Rp9.900.961.474 | Rp191.662.500 | Rp10.092.623.974 |

Cost slope yang memiliki nilai negatif (-) berarti dalam kondisi menguntungkan saat dilakukan percepatan, karena tidak terjadi penambahan biaya tetapi terjadi pengurangan biaya.

Biaya Langsung

Selanjutnya dilakukan perhitungan biaya pada biaya langsung pekerjaan. Perhitungan dilakukan dengan menambahkan pertambahan biaya *slope* dengan biaya normal proyek. Adapun perubahan biaya langsung pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 2.

Biaya Tidak Langsung

Rincian biaya tidak langsung terdapat pada perhitungan sebelumnya. Adapun penurunan biaya tidak langsung akibat penambahan tenaga kerja yang menyebabkan pengurangan durasi proyek dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Biaya langsung dan Biaya Tidak langsung

| Durasi | Biaya Langsung | Biaya Tidak Langsung | Total Biaya |
|--------|-----------------|----------------------|------------------|
| 241 | Rp9.904.980.607 | Rp301.250.000 | Rp10.206.230.607 |
| 238 | Rp9.904.510.607 | Rp297.500.000 | Rp10.202.010.607 |
| 237 | Rp9.904.140.607 | Rp296.250.000 | Rp10.200.390.607 |
| 234 | Rp9.903.770.607 | Rp292.500.000 | Rp10.196.270.607 |
| 230,5 | Rp9.903.410.607 | Rp288.125.000 | Rp10.191.535.607 |
| 228,9 | Rp9.903.083.107 | Rp286.125.000 | Rp10.189.208.107 |

| | | | |
|--------|-----------------|---------------|------------------|
| 152 | Rp9.900.954.857 | Rp190.000.000 | Rp10.090.954.857 |
| 151,67 | Rp9.901.120.312 | Rp189.587.500 | Rp10.090.707.812 |
| 150,44 | Rp9.901.321.368 | Rp188.050.000 | Rp10.089.371.368 |
| 149,64 | Rp9.901.536.368 | Rp187.050.000 | Rp10.088.586.368 |
| 145,91 | Rp9.901.883.178 | Rp182.387.500 | Rp10.084.270.678 |
| 143,8 | Rp9.902.237.633 | Rp179.750.000 | Rp10.081.987.633 |
| 133,8 | Rp9.902.607.633 | Rp167.250.000 | Rp10.069.857.633 |
| 131,13 | Rp9.903.153.588 | Rp163.912.500 | Rp10.067.066.088 |
| 129,53 | Rp9.903.761.088 | Rp161.912.500 | Rp10.065.673.588 |
| 128,66 | Rp9.904.411.893 | Rp160.825.000 | Rp10.065.236.893 |
| 127,99 | Rp9.905.107.117 | Rp159.987.500 | Rp10.065.094.617 |
| 125,99 | Rp9.907.377.117 | Rp157.487.500 | Rp10.064.864.617 |
| 125,11 | Rp9.909.699.389 | Rp156.387.500 | Rp10.066.086.889 |
| 122,48 | Rp9.912.047.716 | Rp153.100.000 | Rp10.065.147.716 |
| 120,14 | Rp9.915.407.716 | Rp150.175.000 | Rp10.065.582.716 |
| 118,71 | Rp9.918.849.535 | Rp148.387.500 | Rp10.067.237.035 |
| 115,85 | Rp9.922.291.353 | Rp144.812.500 | Rp10.067.103.853 |
| 113,85 | Rp9.925.741.353 | Rp142.312.500 | Rp10.068.053.853 |
| 113,09 | Rp9.929.211.879 | Rp141.362.500 | Rp10.070.574.379 |
| 112,27 | Rp9.932.723.099 | Rp140.337.500 | Rp10.073.060.599 |
| 111,84 | Rp9.936.642.866 | Rp139.800.000 | Rp10.076.442.866 |
| 110,96 | Rp9.940.902.866 | Rp138.700.000 | Rp10.079.602.866 |

Dari hasil analisis *time cost trade off* di atas yaitu dengan penambahan tenaga kerja, diperoleh waktu dan biaya yang optimum yaitu 125,99 hari dengan biaya Rp. 10.064.864.617. Biaya langsung dari Rp. 9.904.980.607 menjadi Rp. 9.907.377.117,

sedangkan biaya tidak langsung proyek berkurang dari Rp. 301.250.000,00 menjadi sebesar Rp. 157.487.500,00. Jika dilakukan komparasi antara kondisi normal dengan kondisi percepatan optimum, maka durasi proyek dapat diperpendek 115,01 hari dan biaya proyek dapat turun sebesar Rp. 141.365.991. Turunnya biaya total proyek ini disebabkan adanya pengurangan biaya tidak langsung yang lebih besar dari penambahan biaya langsungnya.

Perbandingan waktu dan biaya normal dan waktu dan biaya optimum dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Tahap Normal dan Tahap Optimum

| | Normal | Optimum |
|----------------------|---------------------|------------------|
| Durasi | 241 hari | 125,99 hari |
| Biaya Langsung | Rp9.904.980.607 | Rp9.907.377.117 |
| Biaya Tidak Langsung | Rp301.250.000,00 | Rp157.487.500 |
| Total Cost | Rp10.206.230.607,38 | Rp10.064.864.617 |

Persentase efisiensi waktu dan biaya proyek adalah sebagai berikut:

- Efisiensi waktu proyek:
 $241 \text{ HK} - 125,99 \text{ HK} = 115,01 \text{ hari}$
 atau $\frac{241 \text{ HK} - 125,99 \text{ HK}}{241} \times 100\%$
 $= 47,72\%$
- Efisiensi biaya proyek
 $\text{Rp. } 10.206.230.607,38 - \text{Rp. } 10.064.864.617 = \text{Rp. } 141.365.991$
 atau $\frac{\text{Rp.}10.206.230.607,38 - \text{Rp.}10.064.864.617}{\text{Rp.}10.064.864.617} \times 100\%$
 $= 1,40\%$

4.1.2 Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Dalam perencanaan penambahan jam kerja lembur memakai 8 jam kerja normal dan 1 jam istirahat (08.00- 17.00), sedangkan kerja lembur dilakukan setelah waktu kerja normal (18.00-20.00).

Dibawah ini merupakan salah satu perhitungan dalam penambahan jam kerja (lembur 3 jam):
 Pekerjaan bekisting kolom lantai 4

Volume = $374,09 \text{ m}^2$
 Durasi normal = 9 hari
 Durasi normal = 72 jam
 Normal Cost = Rp. 37.530.000,00

Produktivitas normal:

$$\frac{\text{Volume}}{\text{Normal Duration (ND)}} \dots\dots\dots(1.10)$$
 $= 5,20 \text{ m}^2/\text{jam}$
 Produktivitas Percepatan:

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Percepatan} + 8 \text{ jam}} \dots\dots\dots(1.11)$$

Durasi Percepatan = 6,55 hari
 $= \frac{374,09 \text{ m}^2}{6,55 \text{ hari} + 8 \text{ jam}}$
 $= 7,14 \text{ m}^2/\text{jam}$

Perhitungan waktu lembur perhari:
 $= \frac{\text{Prod.Percepatan} - \text{Prod.Normal}}{\text{Prod.Normal}} \times 8 \text{ jam} \dots\dots\dots(1.12)$
 $= 3 \text{ jam}$

Normal cost percepatan
 $= \frac{\text{Normal cost}}{\text{Durasi normal}} \times \text{Durasi percepatan} \dots\dots\dots(1.13)$
 $= \frac{\text{Rp.}37.530.000,00}{9 \text{ hari}} \times 6,55 \text{ hari}$
 $= \text{Rp. } 27.294.545,45$

Biaya lembur:
 $= (\text{Jk1} \times 1,5 \times \text{Normal cost}) + (\text{Jkl1} \times 2 \times \text{upah kerja perjam normal}) \dots\dots\dots(1.14)$

Pekerja
 Biaya lembur = $(1 \times 1,5 \times \text{Rp. } 12.500,00) + (2 \times 2 \times \text{Rp. } 12.500,00)$
 $= \text{Rp. } 68.750,00$

Tukang
 Biaya Tukang = $(1 \times 1,5 \times \text{Rp. } 13.750,00) + (2 \times 2 \times \text{Rp. } 13.750,00)$
 $= \text{Rp. } 75.625,00$

Kepala Tukang = $(1 \times 1,5 \times \text{Rp. } 15.000,00) + (2 \times 2 \times \text{Rp. } 15.000,00)$
 $= \text{Rp. } 82.500,00$

Mandor
 Biaya lembur = $(1 \times 1,5 \times \text{Rp. } 17.500,00) + (2 \times 2 \times \text{Rp. } 17.500,00)$
 $= \text{Rp. } 96.250,00$

Total biaya lembur
 Pekerja = $\text{Rp. } 68.750,00 \times 27$
 $= \text{Rp. } 1.856.250,00$
 Tukang = $\text{Rp. } 75.625,00 \times 11$
 $= \text{Rp. } 831.875,00$
 Kepala Tukang = $\text{Rp. } 82.500,00 \times 1$
 $= \text{Rp. } 82.500,00$
 Mandor = $\text{Rp. } 96.250,00 \times 1$
 $= \text{Rp. } 96.250,00$

Jadi, total biaya lembur = Rp. 18.765.500,00

Crash Cost:
 $= \text{Normal cost percepatan} + \text{total biaya lembur}$
 $= \text{Rp. } 46.059.545,45$

Cost slope:
 $= \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}} \dots\dots\dots(1.15)$
 $= \text{Rp. } 2.521.666,67$

Setelah diperoleh penambahan biaya (*cost slope*) pada masing-masing kegiatan pekerjaan, *cost slope* diurutkan dari yang terkecil. Tujuannya agar penambahan biaya langsung yang dihasilkan setelah kompresi dapat diminimalisir.

Tabel 4. Cost Slope

| NO | URAIAN PEKERJAAN | SLOPE |
|-----|--|----------------|
| 1. | a. Keliling atap Bangunan Showroom dan Bengkel | Rp391.666,67 |
| 2. | b. Keliling atap Canopy Samping | Rp391.666,67 |
| 3. | Nok Atap Utama | Rp408.095,24 |
| 4. | b. Atap Canopy Samping | Rp483.333,33 |
| 5. | c. Keliling mahkota ACP putih bagian atas terhadap dinding | Rp483.333,33 |
| 6. | Penutup Atap Bangunan Showroom dan Bengkel | Rp758.333,33 |
| 7. | Rafter Lantai Atap W25 | Rp795.000,00 |
| 8. | Pembesian Plat Lantai Atap | Rp916.666,67 |
| 9. | Galian Tanah Pile Cap | Rp950.000,00 |
| 10. | Beton K350 balok 3 | Rp983.333,33 |
| 11. | Beton Plat Lantai 3 | Rp983.333,33 |
| 12. | Beton Plat Lantai 4 | Rp983.333,33 |
| 13. | Tie Bean Atap Baja W30 | Rp1.241.666,67 |
| 14. | Tie Bean Atap Baja W35 | Rp1.325.000,00 |
| 15. | Bekisting Balok Lantai Atap | Rp3.433.333,33 |
| 16. | Bekisting Kolom Lantai 4 | Rp3.691.666,67 |

Biaya Langsung

Setelah diperoleh penambahan biaya (*cost slope*) pada masing-masing pekerjaan, selanjutnya dilakukan perhitungan kenaikan biaya pada biaya langsung pekerjaan. Perhitungan dilakukan dengan menambahkan penambahan biaya dengan biaya normal proyek. Adapun kenaikan biaya langsung pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.

Biaya Tidak Langsung

Rincian biaya tidak langsung terdapat pada perhitungan sebelumnya. Adapun penurunan biaya tidak langsung akibat penambahan tenaga kerja yang menyebabkan pengurangan durasi proyek dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung

| Durasi | Biaya Langsung | Biaya Tidak Langsung | Total Biaya |
|--------|--------------------|----------------------|---------------------|
| 241 | Rp9.904.980.607,38 | Rp301.250.000,00 | Rp10.206.230.607,38 |
| 239,09 | Rp9.905.372.274,05 | Rp296.477.272,73 | Rp10.201.849.546,77 |
| 237,18 | Rp9.905.763.940,71 | Rp293.750.000,00 | Rp10.199.513.940,71 |
| 235,55 | Rp9.906.172.035,95 | Rp291.022.727,27 | Rp10.197.194.763,22 |
| 233,64 | Rp9.906.655.369,28 | Rp288.295.454,55 | Rp10.194.950.823,83 |
| 231,73 | Rp9.907.138.702,62 | Rp285.227.272,73 | Rp10.192.365.975,35 |
| 229,82 | Rp9.907.897.035,95 | Rp282.159.090,91 | Rp10.190.056.126,86 |
| 228,18 | Rp9.908.692.035,95 | Rp280.454.545,45 | Rp10.189.146.581,41 |
| 226,82 | Rp9.909.608.702,62 | Rp277.045.454,55 | Rp10.186.654.157,16 |
| 223 | Rp9.910.558.702,62 | Rp273.636.363,64 | Rp10.184.195.066,25 |
| 220,82 | Rp9.911.542.035,95 | Rp271.590.909,09 | Rp10.183.132.945,04 |
| 218,64 | Rp9.912.525.369,28 | Rp269.204.545,45 | Rp10.181.729.914,74 |
| 216,45 | Rp9.913.508.702,62 | Rp266.818.181,82 | Rp10.180.326.884,44 |
| 213,73 | Rp9.914.750.369,28 | Rp264.431.818,18 | Rp10.179.182.187,47 |
| 211 | Rp9.916.075.369,28 | Rp262.045.454,55 | Rp10.178.120.823,83 |
| 208,55 | Rp9.919.508.702,62 | Rp259.659.090,91 | Rp10.179.167.793,53 |
| 206,09 | Rp9.923.200.369,28 | Rp257.613.636,36 | Rp10.180.814.005,65 |

Dari hasil analisis *time cost trade off* di atas yaitu dengan penambahan tenaga kerja, diperoleh waktu dan biaya yang optimum yaitu 211 hari dengan biaya Rp. 10.178.120.823,83. Biaya langsung dari Rp. 9.904.980.607 menjadi Rp. 9.916.075.369,28 sedangkan biaya tidak langsung proyek berkurang dari Rp. 301.250.000,00 menjadi sebesar Rp. 262.045.454,55. Jika dilakukan komparasi antara kondisi normal dengan kondisi percepatan optimum, maka durasi proyek dapat diperpendek 30 hari dan biaya proyek dapat turun sebesar Rp. 28.109.783,55. Turunnya biaya total proyek ini disebabkan adanya pengurangan biaya tidak langsung yang lebih besar dari penambahan biaya langsungnya. Perbandingan waktu dan biaya normal dan waktu dan biaya optimum dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Tahap Normal dan Optimum

| Durasi | Normal | Optimum |
|----------------------|---------------------|---------------------|
| | 241 hari | 211 hari |
| Biaya Langsung | Rp9.904.980.607 | Rp9.916.075.369,28 |
| Biaya Tidak Langsung | Rp301.250.000,00 | Rp262.045.454,55 |
| Total Cost | Rp10.206.230.607,38 | Rp10.178.120.823,83 |

Di atas diperoleh total biaya proyek dengan durasi umur proyek yang optimum yaitu pada umur proyek 211,00 hari dengan total biaya proyek yang optimum sebesar Rp. 10.178.120.823,83. Maka

presentasi efisiensi waktu dan biaya proyek adalah sebagai berikut:

1. Efisiensi waktu proyek

$$241 - 211,00 \text{ HK} = 30 \text{ hari}$$
 atau
$$\frac{241 \text{ HK} - 211,00 \text{ HK}}{241} \times 100\% = 12,45\%$$
2. Efisiensi biaya proyek

$$\text{Rp. } 10.206.230.607,38 - \text{Rp. } 10.178.120.823,83 = \text{Rp. } 28.109.783,55$$
 atau
$$\frac{\text{Rp. } 10.206.230.607,38 - \text{Rp. } 10.178.120.823,83}{\text{Rp. } 10.178.120.823,83} \times 100\% = 0,28\%$$

Perbandingan Efisiensi Biaya

Berdasarkan perhitungan pada alternatif percepatan penambahan tenaga kerja dan jam lembur dapat diperoleh rekapitulasi waktu dan biaya baik kegiatan yang dilemburkan pada masing-masing jam lembur ataupun pada penambahan tenaga kerja. Adapun rekapitulasi waktu dengan biaya proyek yang baru dan penambahan biaya, dapat diperlihatkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan efisiensi waktu dan biaya

| No. | Alternatif | Waktu | Percepatan | Total Cost |
|-----|-----------------------------|--------|------------|-----------------------|
| 1 | Sebelum Percepatan | 241 | - | Rp.10.206.230.705,84 |
| 2 | Alternatif I (Tenaga Kerja) | | | |
| | a 2 Tenaga Kerja | 173,08 | 67,92 | Rp. 10.126.176.887 |
| | b 3 Tenaga Kerja | 149,52 | 91,48 | Rp. 10.102.176.406 |
| | c 4 Tenaga Kerja | 125,99 | 115,01 | Rp. 10.064.864.617 |
| | d 5 Tenaga Kerja | 117,57 | 123,43 | Rp. 10.077.284.126 |
| 3 | Alternatif II (Jam Lembur) | | | |
| | a 1 Jam Kerja | 229,44 | 11,56 | Rp. 10.197.449.893,09 |
| | b 2 Jam Kerja | 219 | 22 | Rp. 10.187.662.750,24 |
| | c 3 Jam Kerja | 211 | 30 | Rp. 10.178.120.823,83 |

Dari Tabel 7 tersebut menunjukkan beberapa output waktu dan biaya penyelesaian pada percepatan dengan penambahan tenaga kerja serta penambahan jam kerja lembur. Dalam hal ini tahap yang sangat menguntungkan dari segi biaya dan waktu yaitu di ambil opsi penambahan 4 tenaga kerja. Dimana biaya yang didapatkan sebesar Rp. 10.064.864.617 dari total biaya normal sebesar Rp. Rp.10.206.229.705,84 dengan percepatan 115,01 hari dimana dari segi biaya merupakan percepatan paling optimal.

Meski dalam perhitungan diatas, penambahan 4 tenaga kerja merupakan alternatif atau hasil perhitungan paling optimal baik dari segi waktu dan biaya, alternatif tersebut masih belum bisa dikatakan efisien, karena hanya memperhitungkan penambahan tenaga kerja tanpa memperhitungkan *direct cost* (seperti kurangnya peralatan/perengkapan untuk mendukung penambahan tenaga kerja dan hal-hal lain yang berhubungan dengan penambahan tenaga kerja).

5. KESIMPULAN

Pada pekerjaan Proyek Pembangunan Struktur *Showroom Main Dealer* samarinda Kalimantan Timur, dilakukan percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja dan penambahan

jam kerja (lembur). Dari hasil penelitian, didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Durasi yang diperoleh setelah dilakukan analisis dengan metode *time cost trade off* yang mulanya 241 HK dengan alternatif penambahan tenaga kerja menghasilkan durasi optimum proyek 125,99 HK sehingga mengefisiensi waktu sebesar 47,72%. Sedangkan alternatif dengan penambahan jam lembur proyek menghasilkan 211,00 HK sehingga mengefisiensi waktu proyek sebesar 12,45%.
2. Total biaya yang diperoleh dari hasil metode percepatan yang pada mulanya sebesar Rp. 10.206.229.705,84 pada alternatif penambahan tenaga kerja terjadi pengurangan biaya sebesar Rp. 141.365.991 sehingga menghasilkan total biaya optimum yaitu Rp. 10.064.864.617 atau telah mengefisiensi biaya proyek sebesar 1,40%. Sedangkan pada penambahan jam kerja (lembur) terjadi pengurangan biaya sebesar Rp. 28.109.783,55 sehingga total biaya menjadi Rp. 10.178.120.823,83 atau telah mengefisiensi biaya proyek sebesar 0,28%.

Daftar Pustaka

1. Sari, D. P. &. (2023). *Pengendalian Waktu dan Biaya Dengan Metode Earned Value Analysis (Studi Kasus: Rekonstruksi Jalan Kabupaten Kutai Kartanegara)*. Kutai Kartanegara: Rekayasa Sipil.
2. Sari, D. P. (2024). *Manajemen Proyek Infastruktur*. TOHAR MEDIA.
3. Maddepungeng, A., Suryani, I., & Hermawan, D. (2015). Analisis optimalisasi biaya dan waktu dengan menggunakan metode TCTO (*Time Cost Trade Off*). *Jurnal fondasi*, 4, 20-27.
4. Budianto, E. A., & Husin, A. E. (2021). Analisis Optimasi Waktu dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Gudang Amunisi. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19, 305-310.
5. Dr. Imam Heryanto, S. M. (2023). *Manajemen proyek, mengelola proyek secara sistematis menggunakan microsoft project*, Bandung.
6. Dr. Ir. Putri Lynna A. Luthan, M. I. (2017). *Manajemen Konstruksi dengan Aplikasi Microsoft Project*. (Maya, Ed.) Yogyakarta: Andi.