

Analisis Waktu dan Biaya pada Proyek Pembangunan Pasar Induk Senaken Kabupaten Paser dengan Metode *Time Cost Trade Off (TCTO)*

Amelia Putri Erfaliani¹, Jermianto Dwi Pradika², Irna Hendriyani³, Reno Pratiwi⁴

Program Studi Teknik Sipil Universitas Balikpapan

Email: erfalianiputri24@gmail.com; jermiantodwipradika845@gmail.com; irna.hendriyani@uniba-bpn.ac.id; reno.pratiwi@uniba-bpn.ac.id

ABSTRAK

Manajemen proyek merupakan upaya atau kegiatan perencanaan, kepemimpinan, organisasi dan pengendalian sumber daya perusahaan guna mencapai sasaran jangka pendek yang sudah ditetapkan dengan seefisien dan seefektif mungkin. Optimalisasi biaya dan waktu memiliki banyak metode yang bisa digunakan, salah satu yang sering digunakan yaitu *Time Cost Trade-Off (TCTO)*. Metode ini bertujuan untuk mencari berapa waktu dan biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek sesuai dengan target yang ditentukan. Adapun lokasi dari proyek ini berada di Pasar Senaken yang berada di jalan Yos Sudarso Desa Senaken Kecamatan Tanah Grogot Kabupaten Paser, Kalimantan Timur, dengan biaya sebesar Rp. 5.872.872.924,41 dan durasi pengerjaan 112 hari. Alternatif untuk mencegah keterlambatan dan mempersingkat waktu kerja dengan cara penambahan tenaga kerja dan jam kerja. Dari hasil analisis yang didapat lebih efektif dengan menambah jumlah tenaga kerja dibanding menambah jam kerja. Total biaya penambahan 3 orang tenaga kerja 0,6% lebih kecil dari total biaya dengan menambah 3 jam kerja dengan durasi pengerjaan 75 hari lebih cepat 37 hari dari durasi waktu normal.

Kata Kunci: Manajemen Proyek, Time Cost Trade-Off, Penambahan Jam Kerja, Penambahan Tenaga Kerja

ABSTRACT

Project management is an effort or activity to planning, leadership, organization and control of company resources to achieve predetermined short-term goals as efficiently and effectively as possible. Optimizing costs and time has many methods that can be used, one of which is often used is Time Cost Trade-Off (TCTO). This method aims to find out how much time and costs are needed to complete the project according to the specified targets. The location of this project is at Senaken Market which is on Jalan Yos Sudarso, Senaken Village, Tanah Grogot District, Paser Regency, East Kalimantan, for Rp. 5.872.872.924,41 and the work duration is 112 days. Alternatives to prevent delays and shorten working time by increasing labor and working hours. From the results of the analysis, it is more effective to increase the number of workers than to increase working hours. The total cost of adding 3 workers is 0.6% less than the total cost of adding 3 hours of work with a work duration of 75 days, 37 days faster than the normal time duration.

Keywords: Project Management, Time Cost Trade-Off, Additional Working Hours, Additional Labor

Submitted:	Reviewed:	Revised	Published:
16 Jan 2024	18 Jan 2024	15 Maret 2024	01 August 2024

PENDAHULUAN

Menurut (Husen, 2009) Manajemen proyek merujuk pada penerapan pengetahuan ilmu, keahlian dan keterampilan, dengan menggunakan metode dan teknik terbaik, dengan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Hal ini bertujuan mencapai hasil yang terbaik dalam hal aspek biaya, kualitas dan keselamatan kerja. Setiap tahunnya di Kabupaten Paser jumlah penduduk meningkat dengan sangat pesat sehingga pemerintah membangun beberapa pasarana yang salah satunya adalah pasar. Pasar merupakan inti penting untuk tempat transaksi jual dan beli yang berguna untuk meningkatkan perekonomian di suatu daerah (Yulianti et al., 2021). Penelitian ini dilakukan di lokasi Pasar Senaken yang terletak di jalan Yos Sudarso Desa

Senaken Kecamatan Tanah Grogot, Kabupaten Paser, Kalimantan Timur. Pembangunan ini bertujuan untuk membangun kembali sarana dan prasarana pasar yang sebelumnya sempat mengalami kebakaran dan menyebabkan aktivitas jual beli menjadi terhambat. Jumlah biaya yang digunakan pemerintah sebesar Rp 20.000.000.000 dengan durasi 280 hari, pekerjaan dimulai pada tanggal 27 April – 20 November 2020.

Pembangunan pasar Blok A direncanakan akan menelan biaya sebesar Rp 5.872.872.924,41 (sudah di tambah PPN 10%) dengan durasi pengerjaan 112 hari. Tujuan riset ini yaitu untuk mengetahui berapa waktu dan biaya untuk menyelesaikan proyek setelah penambahan jam kerja (lembur) dan setelah penambahan tenaga

kerja dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO). Metode ini adalah upaya menggantikan waktu dan biaya, yang mengakibatkan biaya proyek meningkat karena waktu pelaksanaannya dipersingkat (Kerzner, 2017).

Dalam penelitian yang dilakukan (Chusairi, 2015) melakukan penelitian dengan “Analisis *Time Cost Trade Off* pada pembangunan Gedung Tipe B SMPN Baru Siwalankerto”. Pilihan untuk mempercepat yang dipilih adalah dengan menambah jam kerja, tanpa adanya penambahan tenaga kerja dari satu jam hingga empat jam tanpa adanya penambahan jumlah tenaga kerja.

(Hendriyani et al., 2020) menyatakan bahwa lebih disarankan untuk menambah jumlah tenaga kerja daripada menambah jam kerja. Selain dapat mempercepat waktu penyelesaian proyek, juga dapat membuat pembiayaan yang lebih kecil.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini memanfaatkan metode *TCTO* (*Time Cost Trade Off*) untuk mengidentifikasi biaya dan waktu optimal dalam perhitungan efisiensi biaya dan waktu, sebagai perbandingan sebelum dan setelah dilakukan percepatan proyek (Oetomo et al., 2017). Dalam menganalisis penelitian ini meliputi metode pengumpulan data, metode analisis, serta tahapan penelitian. Adapun penelitian yang digunakan yaitu non-experimental dan objek penelitian dalam penulisan ini meliputi biaya dan waktu pada proyek konstruksi (Pakpahan et al., 2021). Adapun jenis pengumpulan data yang dibagi menjadi 2 yaitu (Sujarweni, 2014):

Data Primer :

Data primer meliputi data-data informasi terkait penelitian yang berupa foto dokumentasi serta gambar rencana.

Data Sekunder :

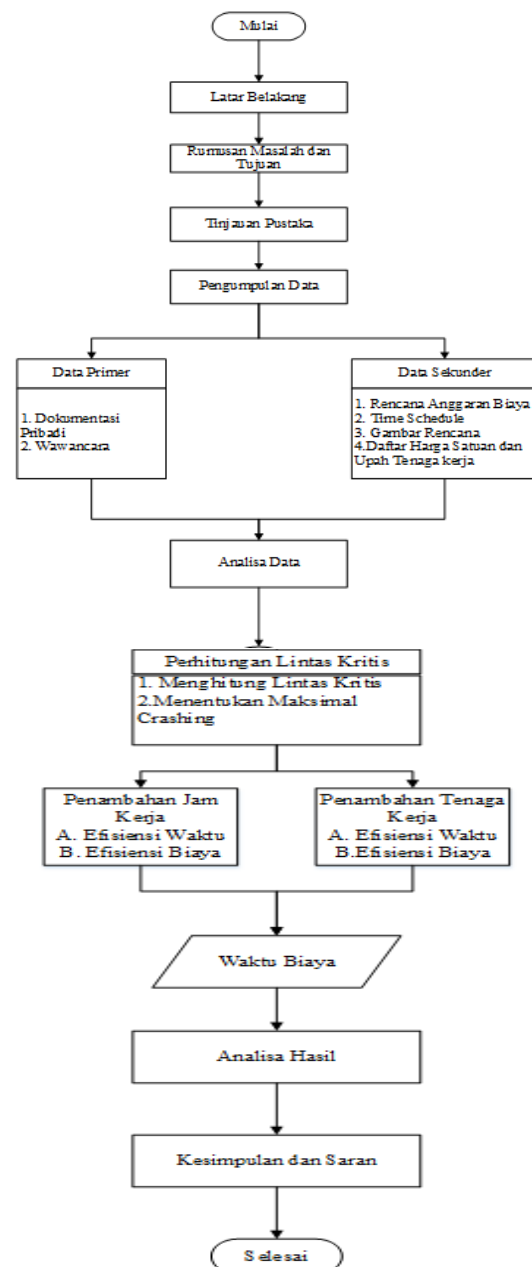
Adapun data yang dimaksud yaitu meliputi rencana anggaran biaya (RAB), rekapitulasi RAB, *time schedule*, dan analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) (Sumantri et al., 2022).

Tahapan penelitian sebagai berikut:

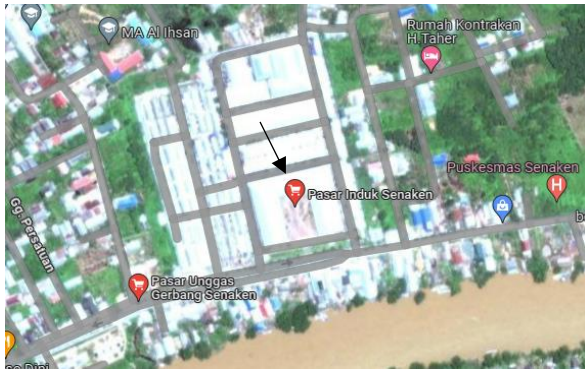
1. Tahap I Persiapan
Pada tahap persiapan, dilaksanakan untuk memahami konteks latar belakang penelitian.
2. Tahap II Pengambilan Data
Pada tahapan ini pengambilan data sebagai data base untuk perhitungan selanjutnya.

3. Tahap III Analisa Data
Disebut sebagai tahap analisis data dari yang sudah di dapatkan.
4. Tahap IV Pengambilan Keputusan
Melibatkan pembuatan simpulan berdasarkan analisis data yang terkait dengan tujuan penelitian.
5. Tahap V Kesimpulan dan Saran
Bab ini berisikan kesimpulan hasil penelitian yang didapat beserta saran.

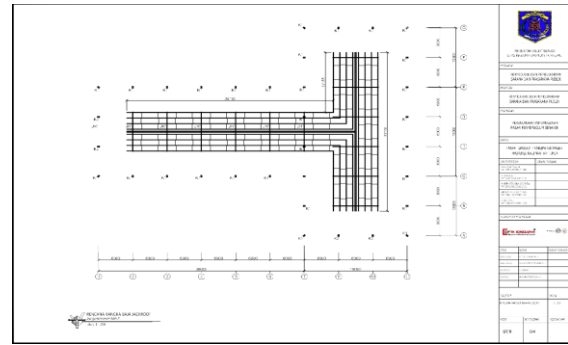
Bagan alir penelitian



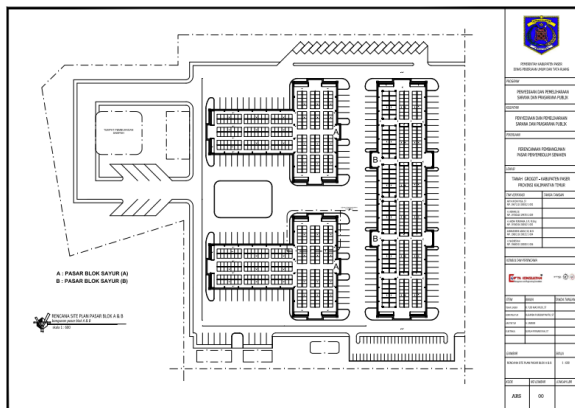
Gambar 1. Alur Penelitian



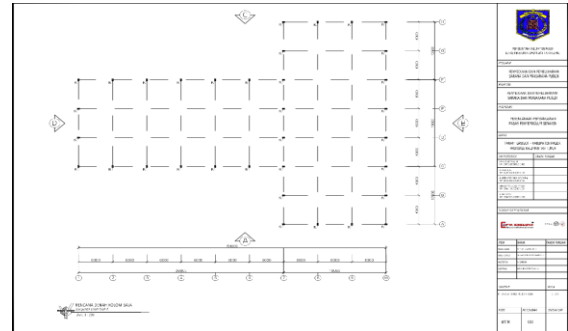
Gambar 2. Lokasi Penelitian



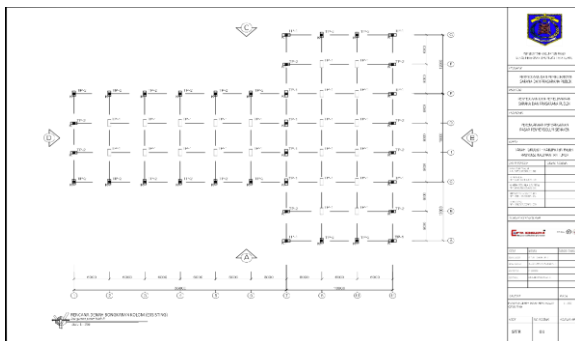
Gambar 6. Rencana Rangka Baja Jackroof



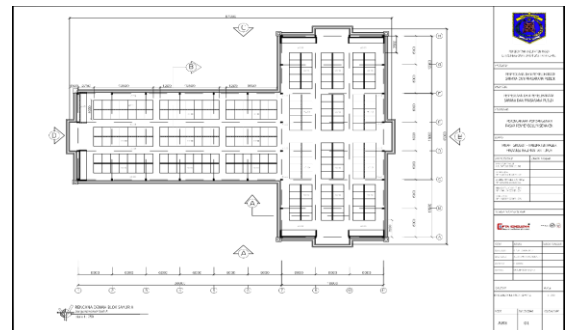
Gambar 3. Rencana Site Plan Pasar Blok A&B



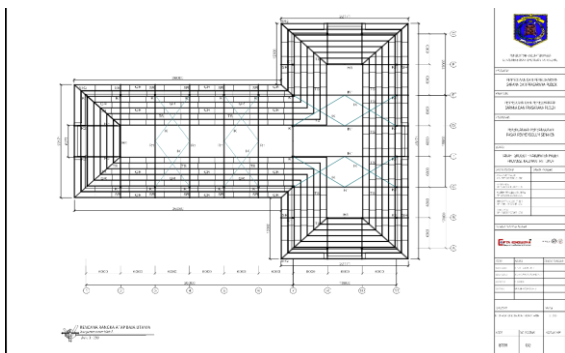
Gambar 7. Rencana Denah Kolom Baja



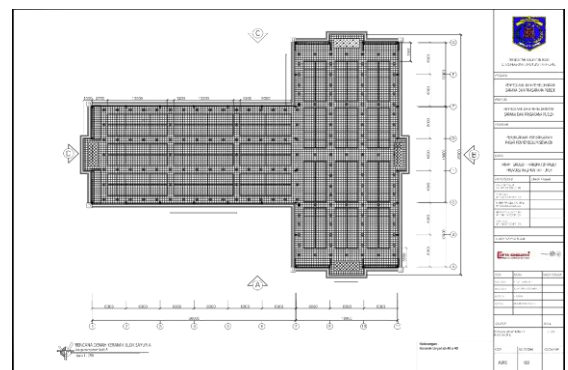
Gambar 4. Rencana Denah Bongkaran Kolom



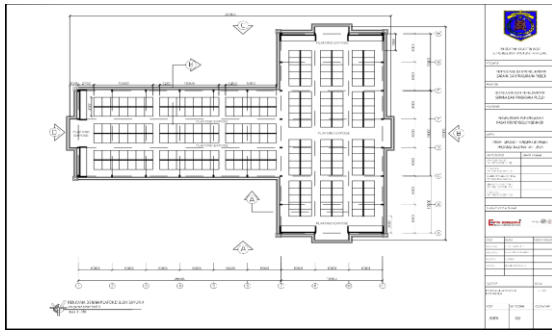
Gambar 8. Rencana Denah Blok Sayur A



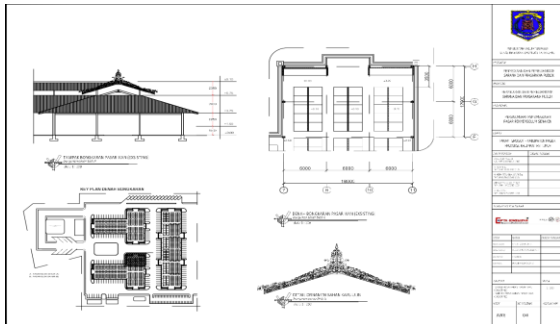
Gambar 5. Rencana Rangka Atap Baja Utama



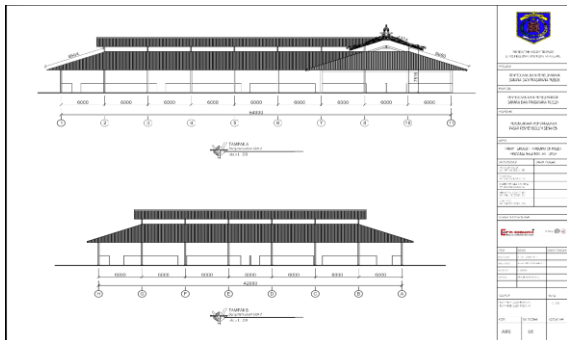
Gambar 9. Rencana Denah Keramik Blok Sayur A



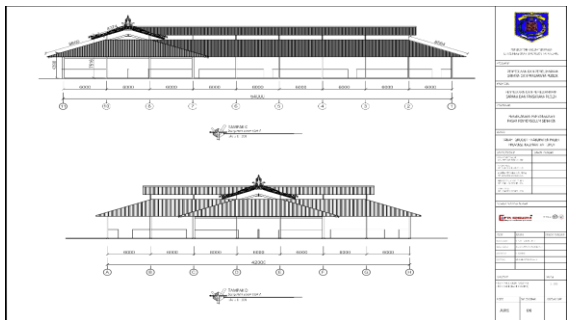
Gambar 10. Rencana Denah Plafond Blok Sayur A



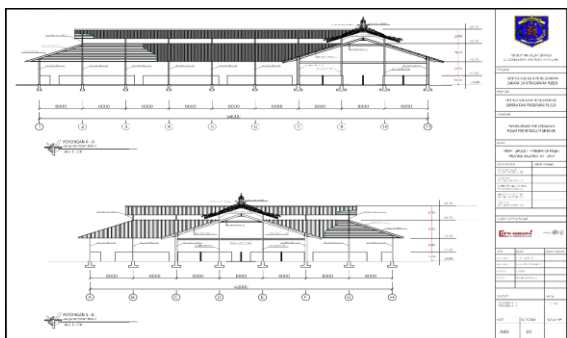
Gambar 11. Tampak Bongkaran Pasar Ikan



Gambar 12. Tampak A dan B



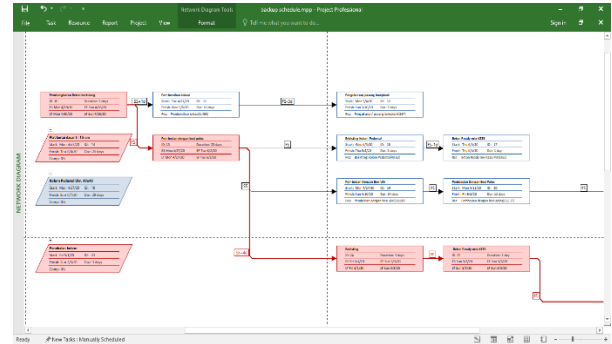
Gambar 13. Tampak C dan D



Gambar 14. Potongan A-A dan B-B

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis *Microsoft Project* dalam perencanaan penjadwalan proyek diperoleh lintasan kritis pada beberapa item pekerjaan (Umar et al., 2021), pekerjaan yang akan dipercepat berdasarkan lintas keritisnya merupakan kegiatan yang dilakukan percepatan dengan menambah jam kerja ataupun menambah jumlah tenaga kerja dengan begitu durasi keseluruhan proyek dapat dipercepat. Adapun daftar lintas kritis dapat dilihat pada gambar dan tabel di bawah ini.



Gambar 15. Lintasan Kritis Pada Pekerjaan Pembangunan Pasar Induk Senaken Blok A

Tabel 1. Daftar Kegiatan Kritis

Kode	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)	Volume
PBB	Pembongkaran Beton Bertulang	7	4,03
PDB	Pembesian dengan Besi Polos	23	252,37
BPK	Bekisting Penebalan Kolom	3	44,20
BRM225	Beton Ready Mix K225	1	4,30
KP&RBP	Kolom Praktis & Ring Balok	20	1,284,872
BT	Bata Merah	20	330,75
P	Plesteran Tembok	20	704,03
A	Acian	20	884,18
PCT	Pengecatan Dinding	28	1,087,17
PSTG	Perbaikan Saluran Terbuka + Grill	17	270,80

Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung

Biaya langsung (*direct cost*)

Biaya langsung merujuk pada biaya yang terkait dengan pelaksanaan konstruksi dilapangan, dan biaya ini didapat dari RAB yang sudah diperhitungan sesuai dengan volume yang dikalikan dengan harga satuan pekerjaan tersebut. Biaya langsung mencakup biaya matrial, biaya pealatan, biaya sub kontraktor, dan biaya upah/tenaga kerja (GINTING, 2023). Adapun besar biaya total rencana adalah RP

5.338.975.385,83 (sebelum ditambah PPN 10%). Setelah ditambah PPN 10% (pajak pertambahan nilai) nominal menjadi Rp. 5.872.872.924,41 (setelah ditambah PPN 10%).

Biaya tidak langsung (*indirect cost*)

Merupakan biaya yang dihitung untuk kebutuhan yang tidak terkait dengan kemajuan fisik proyek, tetapi masih terkait dengan fasilitas dan infrastruktur proyek (Syah, 2004). Biaya tidak langsung meliputi biaya oprasional kantor seperti sewa angkutan, gaji karyawan, listrik dan air.

Adapun perhitungan biaya langsung, biaya tidak langsung per hari, dan biaya tidak langsung sebagai berikut:

Biaya tidak langsung

$$= 10\% \text{ PPN} \times \text{Rp } 5.338.975.385,83$$

$$= \text{Rp } 533.897.538,58$$

Perhitungan biaya tidak langsung ini didapat dari pengalihan antara PPN10% dan biaya total rencana yang belum ditambah dengan PPN sebesar Rp 5.338.975.385,83.

Biaya tidak langsung per hari

$$= \text{Biaya Tidak Langsung Durasi normal} = \text{Rp } 533.897.538,58 / 112$$

$$= \text{Rp } 4.766.942,31 -$$

Biaya Tidak Langsung yang sudah didapat kemudian dibagi dengan durasi normal pekerjaan.

Biaya langsung

$$= \text{Biaya Total Rencana} - \text{Biaya tidak Langsung}$$

$$= \text{Rp } 5.338.975.385,83 - \text{Rp } 533.897.538,58$$

$$= \text{Rp } 4.805.007.847,24$$

Adapun perhitungan ini menggunakan biaya total rencana yang belum ditambah dengan PPN, kemudian dikurang dengan biaya tidak langsung yang telah didapat diperhitungan sebelumnya.

Penggunaan Metode *Time Cost Trade Off* (TCTO)

Penambahan waktu jam kerja

Penambahan jam kerja normalnya selama 7 jam yang di mulai dari jam (08.00-12.00), 1 jam istirahat (13.00-16.00), dan untuk waktu kerja lembur dilakukan di jam (16.00-19.00) (Sofia & Putri, 2021). Adpaun Perhitungan Biaya Lembur sebagai berikut:

Perhitungan ini menggunakan biaya lembur untuk *Resource name: Pekerja*

Adapun biaya upah harian pekerja (*standart cost*) sesuai dengan analisis harga satuan di Kabupaten Paser yaitu sebesar Rp 100.000,00

$$\text{Jam kerja per hari} = 7 \text{ Jam/Hari}$$

$$\text{Biaya per jam} = \text{Rp } 100.000,00 / 7$$

$$= 14.286 \text{ (upah normal)}$$

Perhitungan ini dilanjutkan untuk perhitungan tukang, kepala tukang, dan mandor, yang nominal harganya disesuaikan dengan analisa harga satuannya, kemudian dibagi dengan 7 (durasi kerja) kemudian akan didapat upah normalnya.

Biaya lembur per hari

$$\text{Lembur 1 jam} = (\text{Rp } 14.286 \times 1,5)$$

$$= \text{Rp } 21,429$$

$$\text{Lembur 2 Jam} = \text{Rp } 21.429 + (\text{Rp } 14.286 \times 2)$$

$$= \text{Rp } 50.000$$

$$\text{Lembur 3 Jam} = \text{Rp } 50.000 + (\text{Rp } 14.286 \times 2)$$

$$= \text{Rp } 78.571$$

Hasil dari Biaya Per Jam yang didapat kemudian dikali dengan 1,5 (rumus). Perhitungan yang dikali 1,5 hanya berlaku untuk perhitungan lembur 1 jam. Sedangkan untuk menghitung biaya lembur 2 jam dan 3 jam, hasil yang didapat pada lembur 1 Jam ditambah dengan hasil biaya per jam lalu dikali 2.

Biaya lembur per jam

$$\text{Lembur 1 Jam} = \text{Rp } 21.429 / 1 \text{ Jam} = \text{Rp } 21.429$$

$$\text{Lembur 2 Jam} = \text{Rp } 50.000 / 2 \text{ jam} = \text{Rp } 25.000$$

$$\text{Lembur 3 Jam} = \text{Rp } 78.571 / 3 \text{ Jam} = \text{Rp } 26.190$$

Untuk perhitungan ini hasil dari biaya lembur per hari di bagi dengan total jam.

Peritungan ini juga di lanjutkan untuk mencari hasil perhitungan biaya lembur per hari dan biaya lembur per jam.

Penurunan tingkat produktivitas kerja selama 1 Jam setiap hari dihitung sebesar 90%, untuk 2 jam 80% dan 3 jam 70% dari tingkat produktivitas normalnya. Pengurangan tingkat produktivitas yang disebabkan kerja lembur dapat diakibatkan karena kelelahan, keterbatasan pengelihatian pada malam hari, dan pengaruh cuaca (Setyorini & Wiharjo, 2005). Adapun hasil rekap yang dapat di lihat pada table 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Biaya Upah Lembur Tenaga Kerja

Uraian	Upah Normal Per Jam (Rp)	Overtime Cost (Biaya Lembur)		
		Lembur 1 Jam	Lembur 2 Jam	Lembur 3 Jam
		Biaya Per Jam (Rp)		
Pekerja	14.286	21.429	25.000	26.190
Tukang	17.486	26.229	30.600	32.057
Kepala Tukang	18.643	27.964	32.625	34.179
Mandor	19.429	29.143	34.000	35.619

Perhitungan durasi percepatan dihitung dengan menambah 1 jam lembur hari, 2 jam lembur hari,

dan 3 jam lembur hari dari durasi normal yang ada (Prabowo et al., 2023). Pada penelitian ini seluruh contoh Perhitungan ini mengguakan aktivitas acian. Adapun perhitungan *crashing* sebagai berikut:

Pekerjaan pasang batu dengan menghitung durasi percepatan (*crashing*)

$$= (\text{Volume}) \text{ Prod.PerJam} \times \text{Jam Kerja} + (\text{Jam Lembur} \times \text{Penurunan Prod} \times \text{Prod. PerJam})$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 884, 18 \text{ M}^3 \text{ (RAB)} \\ \text{Durasi Normal} &= 20 \text{ Hari} \\ \text{Durasi Normal (Jam)} &= 20 \text{ Hari} \times 7 \text{ Jam} \\ &= 140 \text{ Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Jam Normal} &= \text{Volume} : \text{Durasi} \\ &= 884,18140 \\ &= 6,32 \text{ M}^3/\text{Jam} \end{aligned}$$

Tabel 3. Hasil Durasi dan Biaya *Crashing* dengan Penambahan 1 Jam Kerja

No Task	Uraian Pekerjaan	Durasi		Biaya	
		Normal (Hari)	Lembur 1 jam (Hari)	Normal (Rp)	Lembur 1 jam (Rp)
24	Acia	20	17,72	40.448.354	40.826.069,80

Biaya *crashing* didapat dari penambahan biaya upah pekerja dan biaya sewa peralatan yang disesuaikan dengan jam lembur yang digunakan. Setelah penghitungan *crashing* hasil yang didapat akan dihitung *cost slope* biasanya untuk kegiatan-kegiatan kritis (Erlina & Iskandar, 2022). *Cost slope* diurutkan dari yang kecil untuk mengetahui efiesiesi *crashing*.

Perhitungan *cost slope* dihitung dengan mengurangi biaya *crashing* (percepatan) dengan biaya normal kemudian hasilnya dibagi dengan hasil pengurangan antar durasi normal dengan durasi *crashing*/percepatan (Khabibulloh & Adi, 2022). Perhitungan ini berlaku juga untuk 2 Jam dan 3 Jam kerja. Adapun contoh perhitungan acian dengan tambahan 1 jam kerja yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Biaya Normal} &= \text{Rp. } 40.448.354 \\ \text{Biaya Crashing} &= \text{Rp. } 40.826.069,80 \\ \text{Durasi Normal} &= 20 \text{ Hari} \\ \text{Durasi Crashing/Percepatan} &= 17,72 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cost Slope} &= \text{Rp } 40.448.354 - \text{Rp } 40.826.069,80 / 20 \text{ Hari} - 17,72 \text{ Hari} \\ &= \text{Rp } 165.775 \end{aligned}$$

Adapun hasil *cost slope* untuk 2 jam kerja yaitu Rp. 118.430 sedangkan hasil perhitungan 3 jam kerja yaitu Rp. 100.025.

Setelah melakukan perhitungan *cost slope* selanjutnya menghitung selisih biaya normal

Adapun perhitungan durasi percepatan lembur seperti di bawah ini.

Durasi percepatan lembur 1 jam:

$$\begin{aligned} \text{Lembur 1 Jam} &= 884,146,32 \times 7 + (1 \times 0,9 \times 6,32) \\ &= 17,72 \text{ Hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk penambahan pekerjaan pasang batu dengan 1 jam lembur maksimal } \textit{crashing} \\ &= 20 \text{ hari (durasi pengerjaaan Acian)} - 17,72 \text{ hari} \\ &= 2,28 \text{ Hari} \end{aligned}$$

Adapun hasil dari durasi percepatan 2 jam lembur yaitu 16,28 hari dengan maksimal *crashing* 3,72 hari, sedangkan untuk durasi percepatan 3 Jam lembur yaitu 15,38 hari dengan maksimal *crashing* 4,62 hari. Adapun hasil durasi dan biaya *crashing* ada pada table 3.

dengan biaya *crashing*/percepatan. Perhitungan ini dihitung dengan pengurangan antar biaya normal dengan biaya *crashing* (Wicaksono, 2021). Adapun contoh perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Biaya Normal} &= \text{Rp } 40.448.354 \\ \text{Biaya Crashing} &= \text{Rp } 40.826.069,80 \\ \text{Selisih} \\ &= \text{Rp } 40.448.354 - \text{Rp } 40.826.069,80 \\ &= \text{Rp } -377.715,80 \end{aligned}$$

Adapun hasil perhitungan Selisih untuk 2 Jam kerja yaitu Rp. 461.653, sedangkan hasil selisih 3 jam kerja yaitu Rp. 461.653

Dalam menghitung dampak terhadap biaya langsung dan tidak langsung, total biaya yang diakibatkan penambahan jam kerja, dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

Biaya Langsung

$$\begin{aligned} &= \text{Biaya Langsung} + \text{Selisih Biaya} \\ &= \text{Rp } 4.807.311.348 + \text{Rp } 377.716 \\ &= \text{Rp } 4.807.689.064 \end{aligned}$$

Biaya Tidak Langsung

$$\begin{aligned} &= (\text{Rp } 478.504.462 / 112) + 98,10 \\ &= \text{Rp } 467.643.075 \end{aligned}$$

Biaya Total

$$\begin{aligned} &= \text{Rp } 4.807.689.064 + \text{Rp } 467.643.075 \\ &= \text{Rp } 5.275.332.139 \end{aligned}$$

Tabel 4. Perhitungan Biaya Langsung, Tidak Langsung dan Total Biaya 1 Jam Kerja

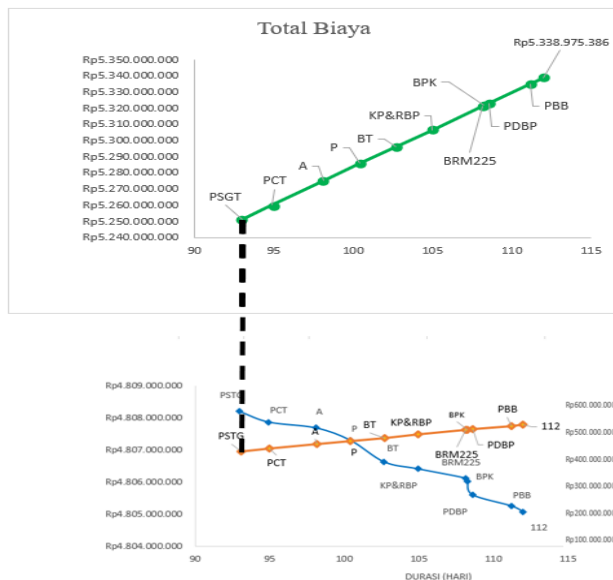
Activity	Durasi (Hari)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Total Biaya (Rp)
Durasi Normal	112	4.805.007.847	533.897.539	5.338.975.386
PBB	11,20	4.805.256.990	530.096.053	5.335.353.043
PDB	08,58	4.805.605.698	517.605.457	5.323.211.156
BPK	08,24	4.806.017.663	515.976.249	5.321.993.912
BRM225	08,13	4.806.123.370	515.433.180	5.321.556.549
KP&RBP	04,94	4.806.415.763	500.227.237	5.306.643.000
BT	02,66	4.806.632.470	489.365.850	5.295.998.319
P	00,38	4.807.311.348	478.504.462	5.285.815.810
A	98,10	4.807.692.455	467.643.075	5.275.335.530
PCT	94,91	4.807.875.905	452.437.132	5.260.313.037
PSTG	92,97	4.808.205.048	443.204.953	5.251.410.001

Durasi normal 112 hari dengan *max crashing* 1 jam kerja pada aktivitas PBB 0,08 hari. Sehingga untuk mendapatkan durasi pada pekerjaan PBB dengan *max crashing* 1 jam kerja yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Durasi PBB} &= (\text{Durasi Normal} - \text{Max Crashing 1 Jam lembur PBB}) \\ &= 112 - 0,8 \\ &= 110,20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Durasi PBDP} &= 110,20 - 2,62 \\ &= 108,58 \end{aligned}$$

Dan perhitungan ini dilanjutkan dengan aktivitas BPK sampai PSTG. Adapun hasil analisis dari pengaruh biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total (*total cost*) untuk 1 jam, 2 jam dan 3 jam kerja dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 16. Grafik Hubungan Antar Total Biaya, Biaya Langsung, dan Tidak Langsung Akibat 1 Jam Kerja

Keterangan:

- Biaya Langsung
- ▲ Biaya Tidak Langsung
- Total Biaya

Selanjutnya menganalisis total biaya dan waktu optimum proyek. Sedangkan untuk

efisiensi biaya proyek dengan pengurangan antar total biaya proyek dengan total biaya *crashing*, lalu dibagi total biaya proyek.

Adapun contoh perhitungannya sebagai yaitu: Penambahan 1 Jam Kerja Lembur

a. Efisiensi Waktu proyek

Perhitungan, didapat dengan pengurangan antar durasi normal dengan durasi *crashing*/Percepatan, lalu dibagi dengan durasi normal (Usman et al., 2023). Contoh perhitungan pada pekerjaan acian.

$$\begin{aligned} \text{Rumus} &= \left(\frac{\text{Durasi Normal} - \text{Durasi Crashing}}{\text{Durasi Normal}} \right) \times 100 \\ \text{ET} &= \frac{112 - 98,10}{112} \times 100 = 12,41\% \end{aligned}$$

b. Efisiensi Biaya Proyek

Perhitungan didapat dengan pengurangan antar total biaya proyek dengan total biaya *crashing*, lalu dibagi total biaya proyek. Contoh perhitungan pada pekerjaan acian.

$$\begin{aligned} \text{Rumus} &= \left(\frac{\text{Total Biaya Proyek} - \text{Total Biaya Crashing}}{\text{Total Biaya Proyek}} \right) \times 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EC} &= \left(\frac{\text{Rp } 5.338.975.386 - \text{Rp } 5.275.332.139}{\text{Rp } 5.338.975.386} \right) \times 100 \\ &= 1,19\% \end{aligned}$$

Penambahan 2 Jam Kerja Lembur

Adapun hasil perhitungan pada penambahan 2 jam lembur kerja sebagai berikut

a. Efisiensi Waktu Proyek

Adapun hasil perhitungannya yaitu 18,94%

b. Efisiensi Biaya Proyek

Adapun hasil perhitungannya yaitu 1,84%

Penambahan 3 Jam Kerja Lembur

Adapun hasil perhitungan pada penambahan 3 jam lembur kerja sebagai berikut

a. Efisiensi Waktu Proyek

Adapun hasil perhitungannya yaitu 23,49%

b. Efisiensi Biaya Proyek

Adapun hasil perhitungannya yaitu 3,97%

Tabel 5. Efisiensi Waktu dan Biaya 1 Jam Kerja

Activity	Durasi (Hari)	Efisiensi Waktu (%)	Efisiensi Biaya (%)
PBB	111,20	0,71	0,07
PDBP	108,58	3,05	0,30
BPK	108,24	3,36	0,32
BRM225	108,13	3,46	0,33
KP&RBP	104,94	6,31	0,61
BT	102,66	8,34	0,80
P	100,38	10,38	1,00
A	98,10	12,41	1,19
PCT	94,91	15,26	1,47

PSTG	92,97	16,99	1,64
-------------	--------------	--------------	-------------

Dari perhitungan yang ada dapat disimpulkan bahwa penambahan jam kerja yang paling efisien yaitu penambahan 3 jam kerja dengan efisiensi waktu 23,49% dengan durasi normal proyek selama 112 hari dan durasi *crashing* sebesar 85,69 maka didapatkan efisiensi biaya sebesar 3,97%.

Tabel 6. Biaya dan Waktu Optimal

No	Penambahan Jam Kerja (Jam)	Durasi Optimal (Hari)	Total Biaya (Rp)
1	1 Jam	92,97	5.251.410.001
2	2 Jam	82,42	5.201.610.981
3	3 Jam	75,31	5.167.887.405

Dari perbandingan total biaya yang didapat waktu optimal untuk menambah jam kerja selama 3 jam, sehingga dapat memperpendek waktu 75,31 hari dengan total Rp 5.167.887.405

Penambahan Tenaga Kerja

Peningkatan jumlah tenaga kerja dilakukan dengan melakukan estimasi terhadap kebutuhan pekerja pada setiap kegiatan tertentu, sesuai dengan waktu percepatan, tanpa memperpanjang jam kerja harian (SIMATUPANG, 2023).

Adapun rumus penambahan tenaga kerja dengan item pekerjaan acian sesuai durasi normal sebagai berikut:

Pekerjaan Acian

Volume	: 884,18M ³
Durasi Normal	: 20 Hari
Jam Kerja Per Hari	: 7 Jam

Koefisien Tenaga Kerja

Pekerja	: 0,200
Tukang	: 0,100
Kepala Tukang	: 0,010
Mandor	: 0,010

Upah Orang /Perhari

Pekerja	: Rp 100.000
Tukang	: Rp 122.000
Kepala Tukang	: Rp 130.500
Mandor	: Rp 136.000

Kapasitas Tenaga Kerja per 1M³ = 1Koefisien Tenaga Kerja

Pekerja	: 5,00
Tukang	: 10,00
Kepala Tukang	: 100,00
Mandor	: 100,00

Perhitungan Jumlah Tenaga Kerja dengan Durasi Normal dengan Aktivitas Pekerjaan Acian :

Jumlah Tenaga Kerja

$$= (\text{VolumeDurasi} \times \text{Kapasitas Tenaga Kerja})$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Pekerja} &= (884,1820 \times 5) \\ &= 9 \text{ Orang/Hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah Pekerja} &= 9 \times \text{Rp } 100.000 \\ &= \text{Rp } 900.000/\text{Hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Tukang} &= (884,1820 \times 10) \\ &= 5 \text{ Orang/Hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah Tukang} &= 5 \times \text{Rp } 122.400 \\ &= \text{Rp } 612.000/\text{Hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kep. Tukang} &= 1 \times (884,18 \ 20 \times 100) \\ &= 1 \text{ Orang/Hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Kep. Tukang} &= 1 \times \text{Rp } 130.500 \\ &= \text{Rp } 130.500 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Mandor} &= (884,1820 \times 100) \\ &= 1 \text{ Orang/Hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Mandor} &= 1 \times \text{Rp } 136.000 \\ &= \text{Rp } 136.000 \end{aligned}$$

Jadi upah tenaga kerja dengan durasi normal (20 hari) yaitu: (Rp 900.000 + Rp 612.000 + Rp 130.500 + Rp 136.000) × 20 hari = Rp 35.570.000

Penambahan tenaga kerja dengan item pekerjaan acian sesuai durasi percepatan yaitu:

Pekerjaan Acian

Volume	: 884,18 M ³
Durasi Normal	: 20 Hari
Durasi Percepatan	: 17,72 Hari
Jam Kerja Per Hari	: 7 Jam

Koefisien Tenaga Kerja

Pekerja	: 0,200
Tukang	: 0,100
Kepala Tukang	: 0,010
Mandor	: 0,010

Upah Orang/Perhari

Pekerja	: Rp 100.000
Tukang	: Rp 122.000
Kepala Tukang	: Rp 130.500
Mandor	: Rp 136.000

Kapsitas Tenaga Kerja

Per 1 M ³ = 1Koefisien Tenaga Kerja	
Pekerja	: 5,00
Tukang	: 10,00
Kepala Tukang	: 100,00
Mandor	: 100,00

Perhitungan Jumlah Pekerja Dengan Mempercepat Durasi Pada Pekerjaan Acian:

$$\text{Jumlah Tenaga Kerja} = (\text{Volume Durasi Percepatan} \times \text{Kapasitas Tenaga Kerja})$$

$$\text{Jumlah Pekerja} = (884,1817,72 \times 5) = 10 \text{ Orang/Hari}$$

$$\text{Upah Pekerja} = 10 \times \text{Rp } 100.000 = \text{Rp } 1.000.000/\text{Hari}$$

$$\text{Jumlah Kep. Tukang} = (884,1817,72 \times 100) = 1 \text{ Orang/Hari}$$

$$\text{Biaya Kep. Tukang} = 1 \times \text{Rp } 130.500 = \text{Rp } 130.500/\text{Hari}$$

$$\text{Jumlah Mandor} = (884,1817,72 \times 100) = 1 \text{ Orang/Hari}$$

$$\text{Biaya Mandor} = 1 \times \text{Rp } 136.000 = \text{Rp } 136.000/\text{Hari}$$

Adapun perhitungan gaji pekerja seiring dengan durasi percepatan/crashing (17,72 hari) yaitu:

$$\begin{aligned} &= (\text{Upah Pekerja} + \text{Upah Tukang} + \text{Biaya Kepala Tukang} + \text{Biaya Mandor}) \times \text{Durasi Percepatan} \\ &= (\text{Rp } 1.000.000 + \text{Rp } 612.000 + \text{Rp } 130.500 + \text{Rp } 136.000) \times 17,72 \\ &= \text{Rp } 33.287.020 \end{aligned}$$

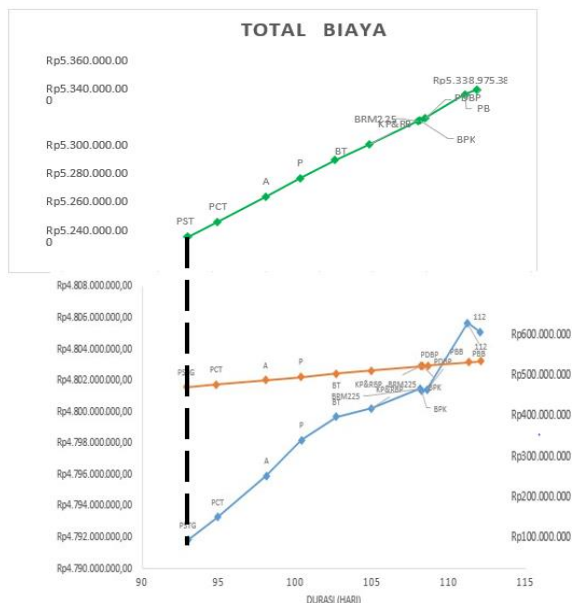
$$\begin{aligned} \text{Selisih Biaya} &= \text{Biaya Percepatan} - \text{Biaya Normal} \\ &= \text{Rp } 33.287.020 - \text{Rp } 35.570.000 \\ &= \text{Rp.} - 2.282.980 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan yang ada diatas dilanjutkan untuk penambahan tenaga kerja pada item pekerjaan acian sampai dengan semua item pekerjaan, serta dilanjutkan sampai penambahan 2 tenaga kerja dan 3 tenaga kerja sampai menemukan hasil selisihnya.

Tabel 7. Selisih Biaya Antara Biaya Percepatan dan Biaya Normal Pada Penambahan 1 Tenaga Kerja

Activity	Normal		Max Crashing (Hari)	Crashing		Selisih (Rp)
	Durasi (Hari)	Biaya (Rp)		Durasi (Hari)	Biaya (Rp)	
A	20	35.570.000,00	2,28	17,72	33.289.873,42	-2.280.127

Selisih biaya antar biaya percepatan dan biaya standar/normal untuk tambahan 2 tenaga kerja yaitu sebesar -706.884. Sedangkan untuk tambahan 3 pekerja, selisih biaya antara biaya percepatan dan biaya normal yaitu -795.077.



Gambar 17. Grafik Hubungan Antar Total Biaya, Biaya Langsung dan Tidak Langsung Pada Tambahan 1 Tenaga Kerja

Keterangan:

- Biaya Langsung
- ▲ Biaya Tidak Langsung

● Total Biaya

Berdasarkan hasil yang didapat analisis untuk mengetahui total biaya dan waktu optimal pengerjaan proyek dengan cara sebagai berikut:

Penambahan 1 Orang Tenaga Kerja:

a. Efisiensi Waktu Proyek

Perhitungan, didapat dengan pengurangan antar durasi normal dengan durasi crashing/percepatan, lalu dibagi dengan durasi normal. Contoh perhitungan pada Pekerjaan Acian.

$$E_t = ((112 - 98) / 112) \times 100 = 12,41\%$$

b. Efisiensi Biaya Proyek

Perhitungan didapat dengan pengurangan antar total biaya proyek dengan total biaya crashing, lalu dibagi total biaya proyek (Umar et al., 2021). Contoh perhitungan pada pekerjaan acian.

$$E_c =$$

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{\text{Rp}5.338.975.386 - \text{Rp } 5.263.522.052,22}{\text{Rp } 5.338.975.386} \right) \times 100 \\ &= 1,41\% \end{aligned}$$

Penambahan 2 Orang Tenaga Kerja

Adapun hasil perhitungannya pada pekerjaan acian yaitu:

a. Efisiensi Waktu Proyek

- Adapun hasil perhitungannya yaitu 18,94%
- b. Efisiensi Biaya Proyek
Adapun hasil perhitungannya yaitu 2,03%

Penambahan 3 Orang Tenaga Kerja

Adapun hasil perhitungannya pada pekerjaan acian yaitu:

- a. Efisiensi Waktu Proyek
Adapun hasil perhitungannya yaitu 23,49%
- b. Efisiensi Biaya Proyek
Adapun hasil perhitungannya yaitu 2,75%

Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat ditarik kesimpulan bahwa biaya dan waktu pekerjaan yang mengalami percepatan karena penambahan tenaga kerja, dan peningkatan waktu terbesar dicapai pada pekerjaan **PSTG**, yaitu dengan penambahan 3 orang tenaga kerja, dengan efisiensi waktu sebesar 32,76% dengan durasi normal 112 hari dan durasi *crashing*/percepatan 75,31 hari dalam kurun waktu tersebut, dengan efisiensi biaya sebesar 3,85% dengan total biaya sebesar Rp 5.167.887.405. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa penambahan 3 tenaga kerja lebih baik dari segi durasi pengerjaan dan total biaya.

Tabel 8. Biaya dan Waktu Optimal Penambahan Tenaga Kerja (PSTG)

No	Penambahan Tenaga Kerja	Durasi Optimal (Hari)	Total Biaya (Rp)
1	1	92,97	5.234.994.175
2	2	82,42	5.186.162.151
3	3	75,31	5.133.230.172

Dari perbandingan keseluruhan biaya di atas dapat menyimpulkan bahwa biaya optimal ditemukan pada penambahan 3 orang tenaga kerja, yang berhasil mempersingkat waktu pelaksanaan sebanyak 73,31 hari dengan total biaya sebesar Rp 5.133.230.172.

Analisis dan Diskusi

Perbandingan total biaya antara penigkatan jam kerja dan penambahan tenaga kerja

Berdasarkan perhitungan, ada perbedaan antara biaya total akibat peningkatan jam kerja dan total biaya karena penambahan tenaga kerja.

Tabel 9. Perbandingan Total Biaya Akibat Penambahan 1 Jam Kerja dan Penambahan 1 Orang Tenaga Kerja

Durasi (Hari)	Biaya Total	
112	Lembur 1 jam	Tenaga Kerja 1 (Rp)
111.20	5.335.353.043	5.335.747.722,97
108.58	5.323.211.156	5.318.993.189,33
108.24	5.321.993.912	5.317.309.810,31
108.13	5.321.556.549	5.316.888.258,66
104.94	5.306.643.000	5.300.423.455,34
102.66	5.295.998.319	5.289.029.991,85
100.38	5.285.815.810	5.276.663.566,34
98.10	5.275.335.530	5.263.522.052,22
94.91	5.260.313.037	5.245.694.809,66
92.97	5.251.410.001	5.234.994.174,56

Tabel 10. Perbandingan Total Biaya Akibat Penambahan 2 Jam Kerja dan Tambahan 2 Orang Tenaga Kerja

Durasi (Hari)	Biaya Total (Rp)	
112	Lembur 2 jam	Tenaga Kerja 2
110.70	5.332.976.275	5.333.387.833,05
106.42	5.312.985.021	5.310.272.331,08
105.86	5.310.805.027	5.307.347.433,05
105.67	5.310.041.479	5.306.450.997,27
101.95	5.292.645.144	5.287.035.397,98
98.23	5.275.160.510	5.268.790.775,44
94.51	5.258.215.075	5.249.761.780,80
90.79	5.240.922.240	5.230.655.018,72
85.58	5.216.303.822	5.201.945.875,06
82.42	5.201.610.981	5.186.162.150,55

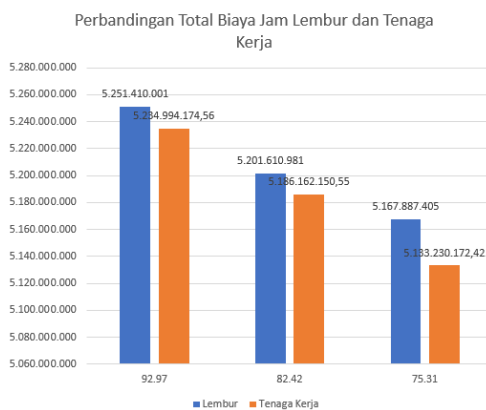
Tabel 11. Perbandingan Total Biaya Akibat Penambahan 3 Jam Kerja dan Tambahan 3 Orang Tenaga Kerja

Durasi (Hari)	Biaya Total (Rp)	
112	Lembur 3 jam	Tenaga Kerja 3
110.38	5.331.493.893	5.331.539.863,64
105.08	5.306.618.628	5.301.613.808,30
104.38	5.303.821.949	5.298.270.348,24
104.15	5.302.851.083	5.297.057.461,56
99.54	5.281.207.179	5.272.970.804,36
94.92	5.259.470.772	5.246.261.994,17
90.31	5.238.299.240	5.215.753.183,97
85.69	5.216.763.765	5.192.041.911,78
79.23	5.186.186.201	5.152.726.330,71
75.31	5.167.887.405	5.133.230.172,42

Perbandingan total biaya antar penambahan jam kerja lembur dan penambahan tenaga kerja

Dari gambar 16 terlihat bahwa dengan menambah jumlah tenaga kerja dan jam kerja

dapat mempercepat durasi pelaksanaan pengerjaan. Penambahan tenaga kerja 1 orang dan jam kerja 1 jam, membuat waktu pelaksanaan lebih cepat 19 hari. Penambahan tenaga kerja 2 orang dan jam kerja 2 jam, membuat waktu pelaksanaan lebih cepat 30 hari. Penambahan 3 orang pekerja dan jam kerja 3 jam, membuat waktu pelaksanaan lebih cepat 37 hari. Total biaya penambahan 3 orang tenaga kerja 0,6% lebih kecil dari total biaya dengan menambahkan 3 jam kerja dengan durasi pengerjaan 75 hari lebih cepat 37 hari dari durasi waktu normal.



Gambar 18. Perbandingan Total Biaya Penambahan Jam Kerja dan Penambahan Tenaga Kerja

KESIMPULAN

Durasi/waktu dan biaya proyek pada keadaan normal selama 112 hari dengan biaya sebesar Rp 5.872.872.924.41. Setelah dilakukan analisis TCTO untuk penambahan 1 jam kerja, biaya total menjadi Rp 5.251.410.001 dengan durasi 92,97 hari. Pada penambahan 2 jam kerja biaya total menjadi Rp 5.201.610.981 dengan durasi 82,42 hari. Sementara untuk penambahan 3 jam kerja diperoleh total biaya menjadi Rp 5.167.887.405 dan durasi 75,31 hari.

Sedangkan waktu dan biaya total proyek setelah analisis TCTO dengan penambahan 1 orang tenaga kerja dengan biaya Rp 5.234.994.175 dan durasi 92,97 hari. Dengan menambahkan 2 orang tenaga kerja, total biaya yang diperoleh sebesar Rp 5.186.162.151 dan durasi 40 hari. Sementara itu, dengan menambahkan 3 orang tenaga kerja, total biaya yang dihasilkan sebesar Rp 5.133.230.172 dan durasi *crashing* 75,31 hari. Dengan analisis menggunakan TCTO maka lebih efisien untuk menambah jumlah tenaga kerja daripada memperpanjang waktu kerja dengan total penambahan 3 orang tenaga kerja sebesar Rp 5.133.230.172 dengan durasi 75,31 hari. Sedangkan penambahan 3 jam kerja Rp. 5.167.887.405 dengan durasi 75,31 hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa, PT. Raka Bangun Utama dalam menyiapkan data-data pendukung yang dibutuhkan, Dinas Pekerjaan Umum Tanah Grogot yang berkenan memberikan informasi dan data dalam penyusunan jurnal ini, kepada dosen - dosen, staff administrasi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Balikpapan, serta ke dua orang tua saya yang memberikan doa dan dukungan agar penelitian ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chusairi, M. (2015). Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan Gedung Tipe B SMPN Baru Siwalankerto. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 2(2).
- Erlina, E., & Iskandar, M. R. (2022). Analisa Optimalisasi Waktu Dan Biaya Pada Pembangunan Rusunawa Gemawang Yogyakarta Dengan Program Microsoft Project. *CivETech*, 4(1), 11–19.
- Ginting, D. F. (2023). *Analisa Perbandingan Rencana Anggaran Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Perumahan Dengan Melakukan Perbandingan Perhitungan Harga Satuan Bahan Berdasarkan Survei Lapangan Dengan Permen PUPR Nomor 1 Tahun 2022 (Studi Kasus: Perumahan Citra Wahana III Tanjung Anom)*.
- 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.
- Husen, A. (2009). *Manajemen proyek. Yogyakarta: Andi Offset*.
- Kerzner, H. (2017). *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. John Wiley & Sons.
- Khabibulloh, M., & Adi, T. J. W. (2022). Optimasi Waktu dan Biaya (Time Cost Trade Off-TCTO) Menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO). *Jurnal Teknik ITS*, 11(3), D146–D153.
- Oetomo, W., Priyoto, P., & Uhad, U. (2017). Analisis Waktu dan Biaya dengan Metode Crash Duration pada Keterlambatan Proyek Pembangunan Jembatan Sei

- Hanyu Kabupaten Kapuas. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 6(1), 8–22.
- Pakpahan, A. F., Prasetyo, A., Negara, E. S., Gurning, K., Situmorang, R. F. R., Tasnim, T., Sipayung, P. D., Sessilia, A. P., Rahayu, P. P., & Purba, B. (2021). *Metodologi penelitian ilmiah*. Yayasan Kita Menulis.
- Prabowo, P. P., Apriliano, D. D., & Mulyono, T. (2023). Analisis Percepatan Waktu dan Biaya Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus Proyek Pembangunan Rumah Tinggal di Jalan Salak Kota Tegal). *Era Sains: Jurnal Penelitian Sains, Keteknik dan Informatika*, 1(3), 122–132.
- Setyorini, A., & Wiharjo, A. K. (2005). Optimasi Waktu dan Biaya Dengan Precedence Diagram Method Pada Proyek Solo Grand Mall. *Skripsi, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang*.
- Simatupang, N. (2023). *Analisa Percepatan Waktu dengan CPM pada Proyek Pembangunan Gedung Rehabilitasi Ketergantungan Obat/NAPZA dan Pagar Keliling di RSJ. Prof. Dr. Muhammad Ildrem*.
- Sofia, D. A., & Putri, A. A. E. (2021). Analisis Perbandingan Penambahan Jam Kerja dan Tenaga Kerja terhadap Waktu dan Biaya Proyek dengan Metode Time Cost Trade Off. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 12, 846–854.
- Sujarweni, V. W. (2014). *Metodologi penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Baru Perss.
- Sumantri, M. F., Arsjad, T. T., & Malingkas, G. Y. (2022). Perhitungan Rencana Anggaran Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor Inspektorat Daerah Bolaang Mongondow. *TEKNO*, 20(82), 607–619.
- Syah, M. S. (2004). *Manajemen Proyek Kiat Sukses Mengelola Proyek*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Umar, M. A., Wibowo, K., & Mudiyo, R. (2021). Analisis Waktu Dan Biaya dengan Metode Crashing, Overlapping dan Gabungan Crashing Overlapping. *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, 2(5), 24–43.
- Usman, S., Muhammad, A. H., Adjam, I., & Altarans, I. (2023). Optimasi Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja dan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Islamic Center Halmahera Tengah). *Dintek*, 16(1), 17–31.
- Wicaksono, R. M. B. (2021). Analisis Kinerja Biaya dan waktu Menggunakan Metode Earned Value Pada Proyek Pembangunan Infrastruktur Laboratorium Tradisional Food GMP Facility (Paket 3). *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 3(1).
- Yulianti, D., Musthofa, M. A., & Yatima, K. (2021). Analisis Peran Pasar Tradisional Terhadap Peningkatan Ekonomi Masyarakat Desa Lagan Tengah Kecamatan Geragai. *Jurnal Ilmu Manajemen Terapan*, 3(1), 65–76.