

Analisis Percepatan Waktu Dan Biaya Menggunakan Metode Crashing Dengan Penambahan Tenaga Kerja Dan Jam Kerja (Studi Kasus: South Tresor Cluster Metland Cyber Puri Tangerang)

Patricia P. Lilipory¹⁾, Jermias Tjakra²⁾, Grace Y. Malingkas³⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

e-mail : patricia.lilipory021@student.usrat.ac.id

Abstrak

Dibutuhkan perencanaan yang tepat guna menghindari terjadinya penundaan atau keterlambatan dalam proyek konstruksi. Salah satu strategi yang dapat diterapkan untuk mengatasi penundaan atau keterlambatan proyek adalah dengan melakukan perencanaan dan penjadwalan ulang yang disertai dengan percepatan untuk memperpendek durasi proyek. Metode percepatan yang umum digunakan sebagai strategi untuk mengantisipasi keterlambatan yakni percepatan dengan metode *crashing* yang dilakukan dengan menambah sumber daya pada aktivitas yang berada di jalur kritis (*critical path*) untuk mempercepat waktu penyelesaian meskipun berpotensi meningkatkan biaya, dan metode *Fast Tracking* yang dilakukan dengan mengerjakan beberapa aktivitas secara paralel yang sebelumnya dijadwalkan berurutan, meskipun berisiko meningkatkan kompleksitas koordinasi. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan penambahan tenaga kerja, didapat durasi total pekerjaan 60 hari, lebih cepat 5 hari dari durasi total pada waktu normal 65 hari. Sedangkan untuk penambahan jam kerja (lembur) didapat durasi total pekerjaan 59 hari, lebih cepat 6 hari dari total durasi pada waktu normal yaitu 65 hari. Adapun untuk biaya setelah dilakukan percepatan dengan penambahan tenaga kerja mengalami kenaikan menjadi Rp1.299.634.249,18 atau rasio perbandingan dengan biaya normal hingga 1,018. Sedangkan untuk percepatan dengan penambahan jam kerja mengakibatkan peningkatan biaya yang lebih signifikan yakni Rp1.511.671.401,83 atau rasio perbandingan dengan biaya normal hingga 1,184.

Kata Kunci: Metode crashing, percepatan, durasi, biaya, penambahan tenaga kerja, penambahan jam kerja.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur merupakan salah satu faktor yang menjadi tolak ukur pertumbuhan ekonomi di suatu negara. Dibutuhkan perencanaan yang tepat guna menghindari terjadinya penundaan atau keterlambatan. Perencanaan yang kurang terstruktur, pengajaran di lapangan yang kurang koordinasi, keterlambatan dalam pengadaan material, keterbatasan tenaga kerja, serta kondisi cuaca menjadi faktor penyebab suatu proyek dapat mengalami penundaan.

Untuk mengatasi masalah ini, penerapan manajemen proyek yang efektif dan efisien perlu di terapkan. Manajemen proyek bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh proses berjalan sesuai rencana, anggaran, dan standar kualitas yang telah ditetapkan. Salah satu strategi yang dapat diterapkan untuk mengatasi penundaan atau keterlambatan proyek adalah dengan melakukan perencanaan dan penjadwalan ulang yang disertai dengan percepatan untuk memperpendek durasi proyek.

Metode percepatan yang umum digunakan sebagai strategi untuk mengantisipasi keterlambatan yakni percepatan dengan metode *crashing* dan percepatan dengan metode *fast tracking*. Dalam penelitian ini dilakukan analisis terhadap perencanaan awal untuk dilakukan percepatan, dan alternatif yang dipilih untuk mempercepat pelaksanaan proyek ialah metode *crashing* yang melibatkan penambahan tenaga kerja dan jam kerja (lembur), untuk mengetahui berapa selisih durasi pelaksanaan proyek dan biaya antara perencanaan awal dengan perencanaan setelah dipercepat.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang di atas, adapun rumusan masalah dari penelitian ini

yaitu:

1. Berapa durasi waktu yang diperoleh setelah dilakukan percepatan dengan menggunakan metode crashing dengan penambahan tenaga kerja dan jam kerja (lembur)?
2. Berapa pengaruh biaya percepatan terhadap durasi proyek setelah dilakukan percepatan dengan menggunakan metode crashing dengan penambahan tenaga kerja dan jam kerja (lembur)?

1.3. Tujuan

Dari rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui berapa durasi waktu yang diperoleh setelah dilakukan percepatan dengan menggunakan metode crashing dengan penambahan tenaga kerja dan jam kerja (lembur).
2. Untuk mengetahui pengaruh biaya percepatan terhadap durasi proyek setelah dilakukan percepatan dengan menggunakan metode crashing dengan penambahan tenaga kerja dan jam kerja (lembur).

2. LANDASAN TEORI

2.1. Manajemen Konstruksi

Manajemen proyek merupakan penerapan ilmu pengetahuan dan keterampilan dalam mengatur perputaran aktivitas suatu proyek dari perencanaan, pelaksanaan dan pengendalian dan terkoordinasi dalam mengelolah sumber daya dari awal sampai selesaiya suatu proyek konstruksi dengan waktu dan biaya yang tepat serta mutu terjamin. Tujuan utama dari manajemen konstruksi ini ialah memastikan proyek dapat berjalan sesuai dengan waktu yang telah direncanakan, anggaran yang ditetapkan, dan spesifikasi yang ditentukan (Ritz, 1994).

2.2. Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi terkait jadwal rencana serta kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progress waktu penyelesaian proyek (Husen, 2009). Metode-metode yang umum digunakan dalam penjadwalan suatu proyek meliputi: Kurva S, Diagram balok (barchart), Jaringan kerja (network planning), Critical Path Method (CPM), Precedence Diagram Method (PDM), Program Evaluation and Review Technique (PERT), Line of Balance (LoB), serta dengan bantuan perangkat lunak manajemen proyek seperti Microsoft Project 2021.

2.3. Percepatan Durasi Proyek

Percepatan merupakan Upaya yang dilakukan untuk mempersingkat waktu pelaksanaan suatu proyek guna mencapai target waktu yang telah ditentukan atau bisa juga dilakukan sebagai upaya mengatasi keterlambatan yang terjadi tanpa mengorbankan kualitas dari pekerjaan.

Ada dua metode yang dapat sering digunakan untuk mempersingkat waktu pelaksanaan proyek, yaitu metode *crashing* dilakukan dengan menambah sumber daya pada aktivitas yang berada di jalur kritis, dan metode *fast tracking* dilakukan dengan mengerjakan beberapa aktivitas secara paralel yang sebelumnya dijadwalkan berurutan.

2.4. Metode Crashing

Metode crashing merupakan percepatan proyek yang dilakukan dengan penambahan sumber daya pada aktifitas yang berada di jalur kritis untuk mempercepat waktu penyelesaian pekerjaan. Dalam penelitian ini, percepatan menggunakan metode crashing dilakukan dengan penambahan penambahan tenaga kerja dan jam kerja (lembur).

2.5. Biaya Percepatan Durasi Pekerjaan (Crash Cost)

Dengan dilakukannya percepatan terhadap suatu proyek konstruksi, maka akan menyebabkan perubahan terhadap biaya serta waktu (Olivia & Puspasari, 2019). Biaya percepatan adalah jumlah biaya

langsung yang harus dikeluarkan untuk mempercepat durasi pekerjaan pada proyek dengan kurun waktu yang paling singkat (Soeharto, 1997).

3. METODE

Dalam penelitian ini analisis data menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan retrospektif dan studi kasus. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dan data primer. Data sekunder yang digunakan berupa data-data yang diperoleh dari dokumen-dokumen tertulis dan informasi dari informan dan instansi terkait dalam proses Pembangunan proyek South Tresor Cluster Metland Cyber Puri, Tangerang. Data primer yang digunakan diperoleh dari wawancara serta hasil observasi langsung di lapangan.

3.1 Lokasi Penelitian

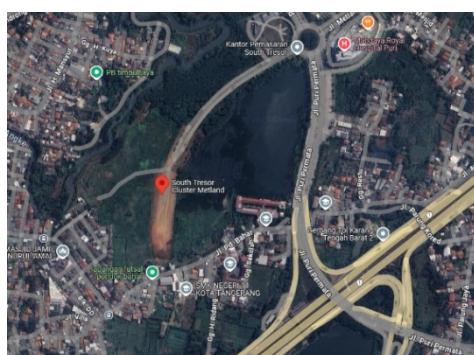
Lokasi proyek penelitian adalah sebagai berikut:

Nama proyek : South Tresor Cluster Matland Cyber Puri, Tangerang

Pemilik Proyek : PT. METROPOLITAN KARYADEKA DEVELOPMENT

Kontraktor : PT. SILKAR NATIONAL

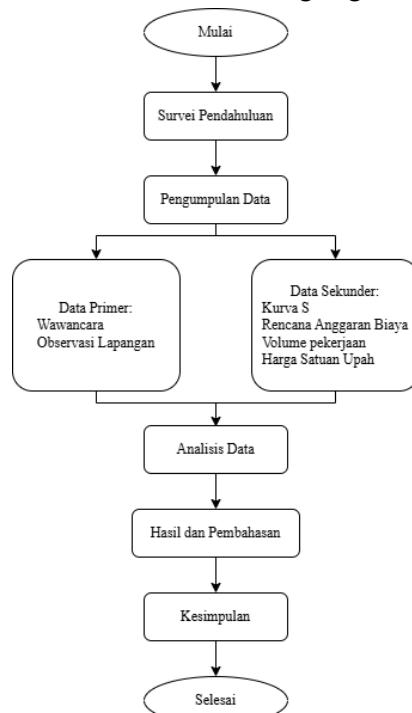
Alamat : Jl. Metland, Parung Jaya, Kec Karang Tengah, Kota Tangerang, Banten.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Proyek Pembangunan South Tresor Cluster Metland Cyber Puri, Tangerang

3.2 Bagan Alir Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian dilakukan sesuai dengan gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Umum Proyek

Dalam penelitian ini, peneliti mengangkat sudi kasus pada proyek pembangunan sembilan unit rumah yang berlokasi di South Tresor Cluster Metland Cyber Puri, Tangerang. Dengan data sebagai berikut:

Nama Proyek : South Tresor Cluster Metland Cyber Puri, Tangerang.

Luas Bangunan : 156 m²

Jumlah Lantai : 3 Lantai

Lokasi Proyek : Jl. Metland, Parung Jaya, Kec. Karang Tengah, Kota Tangerang, Banten.

Total Anggaran : Rp11.105.100.000,00 (Inc. PPN 10%)

Durasi Proyek : 234 Hari

Waktu Mulai : 5 Agustus 2024

Waktu Selesai : April 2025

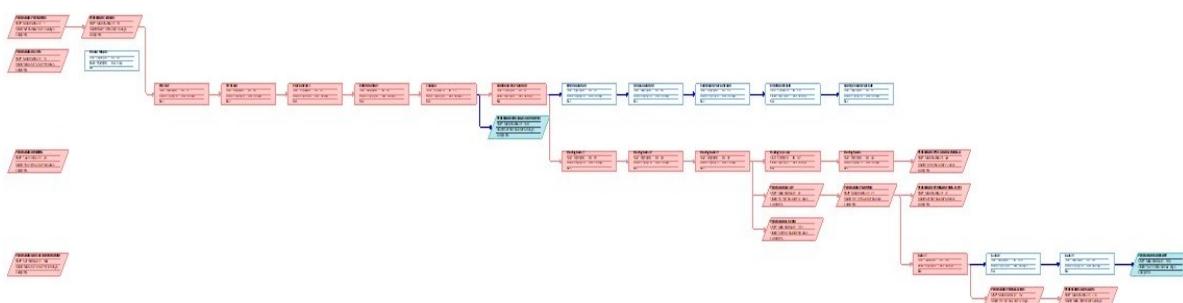
Jam Kerja normal : Senin-Sabtu (08.00 – 12.00 dan 13.00 – 17.00) WIB

4.2. Durasi Normal

Adapun durasi normal pekerjaan ialah 8 jam/hari dimulai pada pukul 08.00-12.00 kemudian dilanjutkan pada pukul 13.00-17.00 WIB sesuai dengan kalender kerja yakni hari Senin-Sabtu.

Tabel 1. Durasi Normal

Uraian Pekerjaan	Durasi	Waktu Mulai	Waktu Selesai
Pilecap	36 days	Sat 10/08/24	Tue 17/09/24
Tiebeam	36 days	Fri 16/08/24	Mon 23/09/24
Plat lantai 1	36 days	Thu 29/08/24	Sat 05/10/24
Kolom	36 days	Wed 04/10/24	Fri 11/10/24
Balok	36 days	Tue 19/09/24	Thu 24/10/24



Gambar 3. Network Diagram

Tabel 2. Uraian Pekerjaan Beserta Hubungan Antar Item Pekerjaan

Kode	Uraian Pekerjaan	Durasi	Hubungan	Predecessor
A1	Bekisting Pilecap	7	-	-
A2	Pembesian Pilecap	32	A1 + 2	SS + Lag
A3.1	Pengecoran Pilecap Bagian 1	1	A2 + 16	SS + Lag
A3.2	Pengecoran Pilecap Bagian 2	1	A2	FS
B1	Bekisting Tiebeam	12	A2 + 4	SS + Lag
B2	Pembesian Tiebeam	32	B1 + 2	SS + Lag
B3.1	Pengecoran Tiebeam Bagian 1	1	B2 + 10	SS + Lag

B3.2	Pengecoran Tiebeam Bagian 2	1	B2	FS
C1	Pembesian Plat Lantai	34	B3.1	FS
C2.1	Pengecoran Plat Lantai Bagian 1	1	B3.2	SS
C2.2	Pengecoran Plat Lantai Bagian 2	1	C1	FS
D1	Pembesian Kolom	32	D1 + 2	SS + Lag
D2	Bekisting Kolom	12	B3 + 12	SS + Lag
D3.1	Pengecoran Kolom Bagian 1	1	D2 + 7	SS + Lag
D3.2	Pengecoran Kolom Bagian 2	1	D2	FS
E1	Bekisting Balok	18	D3.1	FS
E2	Pembesian Balok	32	E1 + 2	SS + Lag
E3.1	Pengecoran Balok Bagian 1	1	E2 + 7	SS + Lag
E3.2	Pengecoran Balok Bagian 2	1	E2	FS

4.3. Biaya Normal (Normal Cost)

perhitungan harga satuan pekerja berdasarkan data dilapangan dan koefisien pekerja berdasarkan SNI tahun 2024. Contoh perhitungan pada pekerjaan bekisting pile cap sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Pekerjaan} &= 149,4 \text{ m}^2 \\
 \text{Biaya bahan} &= \text{Rp}14.655,00 \\
 \text{Biaya upah dan bahan} &= \text{Rp}127.984,60 \\
 \text{Harga satuan pekerja} &= \text{Rp}140.783,06 \\
 \text{Koefisien bahan} &= \frac{\text{biaya bahan}}{\text{biaya upah dan bahan}} \\
 &= \frac{14.655,00}{127.984,60} = 0,115
 \end{aligned}$$

Tabel 3. AHSP Pekerjaan Bekisting Pile Cap

No.	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	TENAGA					
1	Pekerja	L.01	OH	0,520	Rp136.800,00	Rp71.136,00
2	Tukang Batu	L.02	OH	0,260	Rp136.800,00	Rp35.568,00
3	Kepala Tukang	L.03	OH	0,026	Rp190.400,00	Rp4.950,40
4	Mandor	L.04	OH	0,008	Rp209.400,00	Rp1.675,20
				JUMLAH TENAGA KERJA		Rp113.329,60
B.	BAHAN					
1	Hebel		m3	0,15	Rp91.400,00	Rp13.710,00
2	Perekat hebel		sak	0,16	Rp6.000,00	Rp945,00
				JUMLAH HARGA BAHAN		Rp14.655,00
C.	PERALATAN					
				JUMLAH HARGA ALAT		
D.	Jumlah (A+B+C)					Rp127.984,60
E.	Overhead & profit (10%)					Rp12.798,46
F.	Harga Satuan Pekerja (D+E)					Rp140.783,06

4.4. Analisis Kebutuhan Tenaga Kerja Normal

Contoh perhitungan pada pekerjaan bekisting pile cap pada durasi normal yaitu 7 hari dan volume pekerjaan 149,4 m² sebagai berikut:

$$\text{Pekerja} = \frac{(\text{Volume} \times \text{Koefisien})}{\text{Durasi}}$$

Jumlah Pekerja yang Dibutuhkan :

$$\text{Pekerja} = \frac{(149,4 \times 0,52)}{7} = 11,098 = 12 \text{ orang}$$

Jumlah Tukang yang Dibutuhkan :

$$Tukang = \frac{(149,4 \times 0,26)}{7} = 5,549 = 6 \text{ orang}$$

Jumlah Kepala Tukang yang Dibutuhkan :

$$Kepala Tukang = \frac{(149,4 \times 0,026)}{7} = 0,555 = 1 \text{ orang}$$

Jumlah Mandor yang Dibutuhkan :

$$Mandor = \frac{(149,4 \times 0,008)}{7} = 0,171 = 1 \text{ orang}$$

(Koefisien pekerja diambil berdasarkan Harga Satuan Pekerja SNI 2024)

Kemudian hal ini diterapkan pada pekerjaan lainnya, hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Rekapitulasi tenaga kerja normal pada pekerjaan bekisting

Uraian	Volume	Durasi	Pekerja	Tukang	Kepala Tukang	Mandor	Total
	m ²	Hari	orang	orang	orang	orang	orang
Pile Cap	149,4	7	12	6	1	1	20
Tie Beam	554,76	12	23	12	2	1	38
Kolom	469,71	12	26	13	2	1	42
Balok	705,15	12	26	13	2	1	42

Tabel 5. Rekapitulasi tenaga kerja normal pada pekerjaan pembesian

Uraian	Volume	Durasi	Pekerja	Tukang	Kepala Tukang	Mandor	Total
	m ²	Hari	orang	orang	orang	orang	orang
Pile Cap	4341,51	32	1	1	1	1	4
Tie Beam	6827,22	32	1	1	1	1	4
Plat Lantai 1	4018,05	34	1	1	1	1	4
Kolom	10088,9	32	1	1	1	1	4
Balok	8530,47	32	1	1	1	1	4

Tabel 6. Rekapitulasi tenaga kerja normal pada pekerjaan pengecoran

Uraian	Volume	Durasi	Pekerja	Tukang	Kepala Tukang	Mandor	Total
	m ²	Hari	orang	orang	orang	orang	orang
Pile Cap	20,52	2	5	2	1	1	9
Tie Beam	43,92	2	8	2	1	1	12
Plat Lantai 1	58,86	2	12	3	1	2	18
Kolom	42,75	2	9	3	1	1	14
Balok	42,75	2	9	3	1	1	14

4.5. Analisis Biaya Tenaga Kerja Normal

Untuk menghitung upah harian pekerja pada durasi normal digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Harga upah = Jumlah tenaga kerja \times Harga satuan pekerja$$

Untuk menghitung biaya tenaga kerja normal (*normal cost*) digunakan persamaan berikut ini.

$$Normal Cost = Harga upah \times Durasi pekerjaan$$

Sumber : (Oktaviana, Werda, Arena, & Hafiyyan, 2023)

Kemudian hal ini diterapkan pada pekerjaan lainnya, hasil perhitungan tersebut dapat dilihat

pada tabel berikut:

Tabel 7. Rekapitulasi biaya normal pada pekerjaan pengecoran

Uraian	Dn	Normal Cost Upah	Normal Cost Bahan	Biaya (Cn)
Pile Cap	7	Rp20.035.400,00	Rp2.189.457,00	Rp22.224.857,00
Tie Beam	12	Rp64.538.400,00	Rp8.130.007,80	Rp72.668.407,80
Kolom	7	Rp71.104.800,00	Rp6.883.600,05	Rp77.988.400,05
Balok	7	Rp106.657.200,00	Rp10.333.973,25	Rp116.991.173,25

Tabel 8. Rekapitulasi biaya normal pada pekerjaan pengecoran

Uraian	Dn	Normal Cost Upah	Normal Cost Bahan	Biaya (Cn)
Pile Cap	32	Rp21.548.800,00	Rp63.021.359,16	Rp84.570.159,16
Tie Beam	32	Rp21.548.800,00	Rp100.052.909,10	Rp121.601.709,10
Plat Lantai	34	Rp22.895.600,00	Rp58.326.013,80	Rp81.221.613,80
Kolom	32	Rp21.548.800,00	Rp147.852.976,05	Rp169.401.776,05
Balok	32	Rp21.548.800,00	Rp125.014.037,85	Rp146.562.837,85

Tabel 9. Rekapitulasi biaya normal pada pekerjaan pengecoran

Uraian	Dn	Normal Cost Upah	Normal Cost Bahan	Biaya (Cn)
Pile Cap	1	Rp2.714.800,00	Rp20.930.400,00	Rp23.645.200,00
Tie Beam	1	Rp3.535.600,00	Rp44.798.400,00	Rp48.334.000,00
Plat Lantai	2	Rp5.322.400,00	Rp60.037.200,00	Rp65.359.600,00
Kolom	2	Rp4.082.800,00	Rp43.605.000,00	Rp47.687.800,00
Balok	2	Rp4.082.800,00	Rp43.605.000,00	Rp47.687.800,00

4.6. Analisis Percepatan Durasi Pekerjaan Dengan Penambahan Tenaga Kerja (Crashing)

Contoh perhitungan pada pekerjaan bekisting pile cap pada durasi normal yaitu 7 hari dan volume pekerjaan 149,4 m² total tenaga kerja 20 orang dan penambahan pekerja 2 orang sebagai berikut:

Jumlah Pekerja yang Dibutuhkan :

Total Tenaga Kerja Crashing:

$$\text{Tenaga Kerja Crashing} = \text{Pekerja Normal} + \text{Penambahan Tenaga Kerja}$$

$$\text{Tenaga Kerja Crashing} = 20 + 2 = 22 \text{ orang}$$

Produktivitas Normal (Pn):

$$\text{Produktivitas Normal} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} = \frac{149,4}{7} = 21,34 \text{ m}^2/\text{Hari}$$

Produktivitas Crashing (Pc):

$$\text{Produktivitas Crashing} = P_n \times \frac{\text{Tenaga Kerja Crashing}}{\text{Tenaga Kerja Normal}}$$

$$\text{Produktivitas Crashing} = 21,34 \times \frac{22}{20} = 23,477 \text{ m}^2/\text{Hari}$$

Crash Duration (Dc):

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas Crashing}} = \frac{149,4}{23,477} = 6,364 \text{ Hari}$$

Kemudian hal ini diterapkan pada pekerjaan lainnya, hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 10. Rekapitulasi tenaga kerja crashing pada pekerjaan bekisting

Uraian	Normal Duration	Tenaga Kerja Normal	Crash Duration	Tenaga Kerja Craing	
				Penambahan Tenaga Kerja	Total Tenaga Kerja
Pile Cap	7	20	6	2	22
Tie Beam	12	38	11	2	40
Kolom	12	42	11	2	44
Balok	18	42	17	3	45

Tabel 11. Rekapitulasi tenaga kerja crashing pada pekerjaan pembesian

Uraian	Normal Duration	Tenaga Kerja Normal	Crash Duration	Tenaga Kerja Craing	
				Penambahan Tenaga Kerja	Total Tenaga Kerja
Pile Cap	32	4	26	1	5
Tie Beam	32	4	26	1	5
Plat Lantai 1	34	4	27	1	5
Kolom	32	4	26	1	5
Balok	32	4	26	1	5

Tabel 12. Rekapitulasi tenaga kerja crashing pada pekerjaan pengecoran

Uraian	Normal Duration	Tenaga Kerja Normal	Crash Duration	Tenaga Kerja Craing	
				Penambahan Tenaga Kerja	Total Tenaga Kerja
Pile Cap	2	9	1,8	1	10
Tie Beam	2	12	1,7	2	14
Plat Lantai 1	2	18	1,8	2	20
Kolom	2	14	1,7	2	16
Balok	2	14	1,7	2	16

4.7. Analisis Biaya Tenaga Kerja Dengan Durasi Dipersingkat (Crashing)

Untuk menghitung upah harian pekerja pada durasi normal digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Harga upah} = \text{Jumlah tenaga kerja} \times \text{Harga satuan pekerja}$$

Untuk menghitung biaya tenaga kerja setelah dilakukan percepatan (*Crash Cost*) digunakan persamaan berikut ini.

$$\text{Crash Cost} = \text{Normal Cost} + (\text{Harga Upah} \times \text{Crash Duration})$$

Untuk menghitung penambahan biaya akibat dilakukan percepatan (*Cost Slope*) digunakan persamaan berikut ini.

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{D_N - D_c}$$

Sumber : (Oktaviana, Werda, Arena, & Hafiyyan, 2023)

Kemudian hal ini diterapkan pada pekerjaan lainnya, hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 13. Rekapitulasi biaya crashing pada pekerjaan bekisting

Uraian	Durasi	Biaya (Cn)	Durasi	Biaya (Cc)	Di=Dn-Dc	Cost Slope = (Cc-Cn)/di

Pile Cap	7	Rp22.224.857,00	6,4	Rp23.965.947,91	0,6	Rp2.736.000,00
Tie Beam	12	Rp72.668.407,80	11,4	Rp75.787.447,80	0,6	Rp5.198.400,00
Kolom	12	Rp77.988.400,05	11,5	Rp81.122.363,69	0,5	Rp5.745.600,00
Balok	18	Rp116.991.173,25	16,8	Rp123.885.893,25	1,2	Rp5.745.600,00

Tabel 14. Rekapitulasi biaya crashing pada pekerjaan pembesian

Uraian	Durasi	Biaya (Cn)	Durasi	Biaya (Cc)	Di=Dn-Dc	Cost Slope = (Cc-Cn)/di
Pile Cap	32	Rp88.072.239,16	26	Rp84.570.159,16	6	Rp547.200,00
Tie Beam	32	Rp125.103.789,10	26	Rp121.601.709,10	6	Rp547.200,00
Plat Lantai	34	Rp84.942.573,80	27	Rp81.221.613,80	7	Rp547.200,00
Kolom	32	Rp172.903.856,05	26	Rp169.401.776,05	6	Rp547.200,00
Balok	32	Rp150.064.917,85	26	Rp146.562.837,85	6	Rp547.200,00

Tabel 15. Rekapitulasi biaya crashing pada pekerjaan pengecoran

Uraian	Durasi	Biaya (Cn)	Durasi	Biaya (Cc)	Di=Dn-Dc	Cost Slope = (Cc-Cn)/di
Pile Cap	1	Rp23.645.200,00	1,8	Rp23.891.440,00	0,2	Rp1.231.200,00
Tie Beam	1	Rp48.334.000,00	1,7	Rp48.803.028,57	0,3	Rp1.641.600,00
Plat Lantai	2	Rp65.359.600,00	1,8	Rp65.852.080,00	0,2	Rp2.462.400,00
Kolom	2	Rp47.687.800,00	1,8	Rp48.166.600,00	0,3	Rp1.915.200,00
Balok	2	Rp47.687.800,00	1,8	Rp48.166.600,00	0,3	Rp1.915.200,00

4.8. Analisis Percepatan Dengan Penambahan Jam Kerja (Crashing)

Penambahan waktu lembur dalam penelitian ini di hitung berdasarkan produktivitas tenaga kerja per hari kemudian akan dihitung durasi crashing setelah penambahan jam kerja empat jam/hari dengan mempertimbangkan penurunan produktivitas tenaga kerja pada jam lembur.

Contoh perhitungan pada pekerjaan belisting pile cap pada durasi normal yaitu 7 hari dan volume pekerjaan 149,4 m² sebagai berikut:

Produktivitas Perhari:

$$\frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} = \frac{149,4}{7} = 21,343 \text{ m}^2/\text{hari}$$

Produktifitas Normal Perjam:

$$= \frac{\text{Produktifitas Perhari}}{\text{Jam kerja Perhari}} = \frac{21,343}{8} = 2,668 \text{ m}^2/\text{jam}$$

Produktifitas Harian Setelah Crashing:

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Jam kerja per hari} \times \text{Produktifitas normal perjam}) \\
 &\quad + (\text{Jam lembur} \times \text{Koefisien pengurangan produktifitas} \\
 &\quad \times \text{Produktifitas normal per jam}) \\
 &= (8 \times 2,665) + (4 \times 0,6 \times 2,668) = 27,746 \text{ m}^2/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Crash Duration :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktifitas harian setelah crashing}} \\
 &= \frac{149,4}{27,746} = 5 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Kemudian hal ini diterapkan pada pekerjaan lainnya, hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 16. Rekapitulasi durasi crashing pada pekerjaan pembesian

Uraian	Normal Duration	Crash Duration
Pile Cap	7	6
Tie Beam	12	10
Kolom	12	10
Balok	18	14

Tabel 17. Rekapitulasi durasi crashing pada pekerjaan pembesian

Uraian	Normal Duration	Crash Duration
Pile Cap	32	25
Tie Beam	32	25
Plat Lantai 1	34	27
Kolom	32	25
Balok	32	25

Tabel 18. Rekapitulasi durasi crashing pada pekerjaan pengecoran

Uraian	Normal Duration	Crash Duration
Pile Cap	2	1,538
Tie Beam	2	1,538
Plat Lantai 1	2	1,538
Kolom	2	1,538
Balok	2	1,538

4.9. Analisis Biaya Penambahan Jam kerja (Lembur)

Untuk perhitungan penambahan upah lembur (crash cost) sesuai peraturan yang ditetapkan dalam UU No.13 Tahun 2003 dan PP No.35 Tahun 2021. Upah lembur dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{Upah Sejam} = \frac{1}{173} \times \text{Harga Satuan Pekerja (Rp)} \times 24 \text{ hari}$$

$$\text{Upah Lembur Jam ke } 1 = 1,5 \times \text{Upah Sejam}$$

$$\text{Upah Lembur Jam ke } 2 \text{ dst ...} = 2 \times \text{Upah Sejam}$$

(Sumber: PP No.35 Tahun 2021 Pasal 33)

Contoh perhitungan pada pekerjaan belisting pile cap dengan total normal cost Rp22.224.857,00 sebagai berikut:

Upah lembur pekerja perhari :

$$\text{Upah Sejam} = \frac{1}{173} \times \text{Rp}136.800,00 \times 24 = \text{Rp}18.978,03$$

$$\text{Upah Lembur Jam } 4 \text{ jam} = (1,5 \times \text{Rp}18.978,03) + (3 \times 2 \times \text{Rp}18.978,03) = \text{Rp}142.335,26$$

Upah lembur tukang perhari:

$$\text{Upah Sejam} = \frac{1}{173} \times \text{Rp}136.800,00 \times 24 = \text{Rp}18.978,03$$

$$\text{Upah Lembur Jam } 4 \text{ jam} = (1,5 \times \text{Rp}18.978,03) + (3 \times 2 \times \text{Rp}18.978,03) = \text{Rp}142.335,26$$

Upah lembur kepala tukang perhari:

$$\text{Upah Sejam} = \frac{1}{173} \times 190.400,00 \times 24 = \text{Rp}26.413,87$$

$$\text{Upah Lembur Jam 4 jam} = (1,5 \times \text{Rp}26.413,87) + (3 \times 2 \times \text{Rp}26.413,87) = \text{Rp}198.104,05$$

Upah lembur mandor perhari:

$$\text{Upah Sejam} = \frac{1}{173} \times \text{Rp}209.400,00 \times 24 = \text{Rp}29.049,71$$

$$\text{Upah Lembur Jam 4 jam} = (1,5 \times \text{Rp}29.049,71) + (3 \times 2 \times \text{Rp}29.049,71) = \text{Rp}217.872,83$$

Cost on time :

$$\text{Pekerja} : 12 \times \text{Rp}142.335,26 = \text{Rp}1.708.023,12$$

$$\text{Tukang} : 6 \times \text{Rp}142.335,26 = \text{Rp}854.011,56$$

$$\text{Kepala tukang: } 1 \times \text{Rp}198.104,05 = \text{Rp}142.335,26$$

$$\begin{aligned} \text{Mandor} &: 1 \times \text{Rp}217.872,83 = \underline{\text{Rp}142.335,26} \\ &= \text{Rp}2.846.705,20 \end{aligned}$$

Crash Cost:

$$\text{Crash Cost} = \text{Normal Cost} + (\Sigma \text{upah lembur perhari} \times Dc)$$

$$\text{Crash Cost} = \text{Rp}22.224.857,00 + (\text{Rp}2.846.705,20 \times 5) = \text{Rp}37.553.269,63$$

Cost Slope:

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{Rp}37.553.269,63 - \text{Rp}22.224.857,00}{7 - 5} = \text{Rp}9.489.017,34$$

Kemudian hal ini diterapkan pada pekerjaan lainnya, hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 19. Rekapitulasi biaya crashing pada pekerjaan bekisting

Uraian	Durasi	Biaya (Cn)	Durasi	Biaya (Cc)	$\frac{D_n - D_c}{D_c}$	Cost Slope = (Cc - Cn)/di
Pile Cap	7	Rp22.224.857,00	5	Rp37.553.269,63	2	Rp9.489.017,34
Tie Beam	12	Rp72.668.407,80	9	Rp122.595.237,50	3	Rp18.029.132,95
Kolom	12	Rp77.988.400,05	9	Rp77.988.400,05	3	Rp19.926.936,42
Balok	12	Rp116.991.173,25	14	Rp213.560.172,81	4	Rp23.248.092,49

Tabel 20. Rekapitulasi biaya crashing pada pekerjaan pembesian

Uraian	Durasi	Biaya (Cn)	Durasi	Biaya (Cc)	$\frac{D_n - D_c}{D_c}$	Cost Slope = (Cc - Cn)/di
Pile Cap	28	Rp84.570.159,16	25	Rp101.816.864,36	7	Rp2.335.491,33
Tie Beam	23	Rp121.601.709,10	25	Rp138.848.414,30	7	Rp2.335.491,33
Plat Lantai	34	Rp81.221.613,80	26	Rp99.546.238,08	8	Rp2.335.491,33
Kolom	22	Rp169.401.776,05	25	Rp186.648.481,25	7	Rp2.335.491,33
Balok	22	Rp146.562.837,85	25	Rp163.809.543,05	7	Rp2.335.491,33

Tabel 21. Rekapitulasi biaya crashing pada pekerjaan pengecoran

Uraian	Durasi	Biaya (Cn)	Durasi	Biaya (Cc)	$\frac{D_n - D_c}{D_c}$	Cost Slope = (Cc - Cn)/di
Pile Cap	2	Rp25.818.005,69	1,5	Rp23.645.200,00	0,5	Rp4.707.745,66
Tie Beam	2	Rp51.163.737,66	1,5	Rp48.334.000,00	0,5	Rp6.131.098,27
Plat Lantai	2	Rp69.301.191,82	1,5	Rp65.359.600,00	0,5	Rp8.540.115,61
Kolom	2	Rp50.955.492,31	1,5	Rp47.687.800,00	0,5	Rp7.080.000,00
Balok	2	Rp50.379.852,47	1,5	Rp47.687.800,00	0,5	Rp7.080.000,00

4.10. Analisis Crashing Program

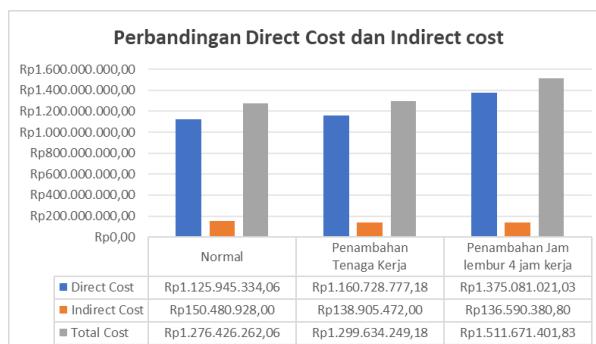
Setelah dilakukan perhitungan percepatan durasi dengan penambahan tenaga kerja didapat durasi crashing menjadi 30 hari per item pekerjaan dan total durasi pekerjaan pilecap, tiebeam, plat lantai 1, kolom, dan balok menjadi 60 hari Lebih cepat 5 hari dari durasi normal yaitu 36 hari per item pekerjaan dan total durasinya 65 hari, dengan penambahan biaya normal hingga Rp34.783.443,12 menjadi Rp1.160.728.777,18. untuk perbandingan antara biaya normal dan crashing dapat dilihat pada tabel

Setelah dilakukan perhitungan percepatan durasi dengan penambahan jam kerja didapat durasi crashing menjadi 29 hari per item pekerjaan dan total durasi pekerjaan pilecap, tiebeam, plat lantai 1, kolom, dan balok menjadi 59 hari Lebih cepat 6 hari dari durasi normal yaitu 36 hari per item pekerjaan dan total durasinya 65 hari, dengan penambahan biaya langsung hingga Rp1.375.081.021,03. untuk perbandingan antara biaya normal dan crashing dapat dilihat pada tabel

Total cost yang semula Rp1.276.426.262,06 setelah dilakukan penambahan tenaga kerja mengalami kenaikan biaya menjadi Rp1.299.634.249,18 atau rasio perbandingan dengan biaya normal hingga 1,013 sedangkan untuk penambahan waktu lembur biaya crashing menjadi Rp1.511.671.401,83 rasio perbandingan dengan biaya normal hingga 1,184.

Tabel 22. Rekapitulasi *direct cost*, *indirect cost* dan *total cost*

Kegiatan	Durasi	Direct Cost	Indirect Cost	Total Cost	Rasio
Normal	65	Rp1.125.945.334,06	Rp150.480.928,00	Rp1.276.426.262,06	1
Penambahan Tenaga Kerja	60	Rp1.160.728.777,18	Rp138.905.472,00	Rp1.299.634.249,18	1,018
Penambahan Jam lembur 4 jam kerja	59	Rp1.375.081.021,03	Rp136.590.380,80	Rp1.511.671.401,83	1,184



Gambar 4. Grafik Perbandingan *Direct Cost* dan *Indirect Cost* dan Total Biaya

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka dalam penelitian ini dapat ditarik kesimpulan:

- Hasil Analisa waktu dan biaya setelah dilakukan percepatan dengan penambahan tenaga kerja mendapat durasi total pekerjaan 60 hari, lebih cepat 5 hari dari durasi total pada waktu normal 65 hari. Sedangkan untuk penambahan jam kerja (lembur) total durasi percepatan menjadi 59 hari, lebih cepat 6 hari dari total durasi pada waktu normal yaitu 65 hari.
- Berdasarkan durasi yang didapat adapun biaya setelah dilakukan percepatan dengan penambahan tenaga kerja mengalami kenaikan menjadi Rp1.299.634.249,18 atau rasio perbandingan dengan biaya normal hingga 1,018. Sedangkan untuk percepatan dengan penambahan jam kerja dapatkan harga yang cukup mahal jika dibandingkan dengan

menggunakan mengakibatkan peningkatan biaya yakni Rp1.511.671.401,83 atau rasio perbandingan dengan biaya normal hingga 1,184.

5.2 Saran

- 1 Dalam menentukan durasi percepatan yang paling efektif perlu dilakukan secara teliti dengan memperhatikan faktor ketersediaan sumber daya (SDA), lingkungan, biaya serta faktor-faktor lainnya.
- 2 Dalam penentuan efisiensi biaya perlu ketelitian, analisis yang matang, konsisten, menjaga mutu, sumber daya dan faktor lainnya agar yang ditargetkan akan mudah tercapai.
- 3 Mengingat penelitian ini hanya sampai di biaya akibat percepatan, maka untuk penelitian selanjutnya disarankan dapat dilakukan mengenai kesesuaian antara waktu dan biaya atau *time cost trade off*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ervianto, W. I. (2004). *Teori dan Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Husen, A. (2009). *Manajemen Proyek: Perencanaan, Penjadwalan, & Pengendalian Proyek*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Kambey, K. I., Malingkas, G. Y., & Sumanti, F. P. (2023). Pengaruh Percepatan Durasi Terhadap Biaya Dan Waktu Pada Pemnbangunan Gedung Rehabilitasi Narkoba Di Kota Tomohon. *Tekno*, 21 (83).
- Kokoy, V. J., Walangitan, D. R., & Pratasis, P. A. (2024). Analisis Percepatan Proyek Pada Pembangunan Ruko Dengan Metode Crashing Pada proyek pembangun Ruko Perumahan Kaeanua Emerald City Manado Cluster Amethyst. *Tekno* , 22 (87).
- Oktaviana, N., Werda, Arena, A., & Hafiyyan, Q. (2023). Penerapan Metode Crashing (Penambahan Tenaga Kerja dan Jam Kerja) Pada Pembangunan Struktur Gedung Kantor Fakultas Kehutanan Universiyas Tanjungpura. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*.
- Olivia, P., & Puspasari, V. H. (2019). Analisa Percepatan Waktu Proyek Menggunakan Metode Crashing (Studi Kasus: Peningkatan Jalan Pelantaran-Parenggean-Tumbang Sangai).
- Onibala, M., Tjakra, J., & Pratasis, P. (2018). Optimasi Waktu Dan Biaya Dengan Metode Crashing (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado. *Tekno*, 16 (69).
- Putra, Y. E., Dundu, A., & Sumanti, F. P. (2022). Percepatan Proyek Pembangunan Gedung Puskesmas Teling Atas Manado Dengan Metode Crashing. *Tekno*, 20 (81).
- rachman, M. (2012). Analisis Percepatan Durasi Proyek Dengan Menggunakan Metode Cradhing.
- Rengka, Y. M. (2020). Percepatan Pelaksanaan proyek dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Rehabilitasi/Pemeliharaan. 20.
- Ritz, G. J. (1994). *Total Construction Project Management*. New York: Mc-Graw-Hill Education.
- Soeharto, I. (1997). *Manajemen Proyek: Dari Konseptual sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga.
- Sofjan, S., Tjakra, J., & Ingkiriwang, R. L. (2023). Analisis Penjadwalan Waktu Dan Biaya Pada Proyek Pembangunan Rumah 2 Lantai Di Manado. *Tekno*, 21 (85).