



Analisis percepatan waktu menggunakan metode *Crashing* pada Proyek CWI-02 ITS Surabaya

Fandy Ahmad Amiruddin Yahya¹✉, Michella Beatrix¹

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Indonesia⁽¹⁾

DOI: [10.31004/jutin.v8i1.38803](https://doi.org/10.31004/jutin.v8i1.38803)

✉ Corresponding author:

[ahmadfandy497@gmail.com]

Article Info

Abstrak

Kata kunci:

Metode Crashing;

Penambahan Jam Kerja;

Penambahan Tenaga Kerja;

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi, tolak ukur keberhasilan proyek dapat dilihat dari waktu penyelesaian yang tepat waktu dengan biaya minimal tanpa melupakan mutu hasil pekerjaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui durasi proyek setelah dilakukan percepatan dan untuk mengatahui biaya setelah dilakukan percepatan. Penelitian ini dilakukan pada proyek CWI-02 ITS Surabaya. Menurut hasil data yang ada di lapangan, proyek mengalami keterlambatan sebesar 8,8879%, maka cara untuk mengatasi keterlambatan adalah salah satunya menggunakan metode *Crashing*, dengan alternatif penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja. Hasil perhitungan dengan menambah jam kerja selama 4 jam diperoleh durasi proyek menjadi 291 atau lebih cepat 0.01% dari total proyek 294 hari, kemudian terjadi perubahan biaya total proyek sebesar Rp. 3,622,264,104.66 atau lebih besar 0.0057% dari total biaya proyek. Sedangkan hasil perhitungan dengan alternatif penambahan tenaga kerja diperoleh durasi proyek menjadi 292 atau lebih cepat 0.0068% dari total durasi proyek, kemudian terjadi perubahan biaya total proyek menjadi Rp. 3,600,758,240.47 atau lebih besar 0.03% dari total biaya proyek.

Abstract

Keywords:

Crashing Method;

additional working hours;

additional labor;

In the implementation of construction projects, the measure of project success can be seen from the timely completion time at minimal cost without forgetting the quality of the work. This study aims to determine the duration of the project after acceleration and to know the cost after acceleration. This research was conducted on the CWI-02 ITS Surabaya project. According to the results of existing data in the field, the project has a delay of 8.8879%, so the way to overcome the delay is one of them using the Crashing method, with the alternative of adding working hours and adding labor. The results of the calculation by adding working hours for 4 hours obtained the project duration to 291 or 0.01% faster than the total project of 294 days, then there was a change in the total project cost of Rp. 3,622,264,104.66 or 0.0057% greater than the total project cost. While the calculation results with

alternative labor additions obtained the project duration to 292 or 0.0068% faster than the total project duration, then there was a change in the total project cost to Rp. 3,600,758,240.47 or 0.03% greater than the total project cost.

1. PENDAHULUAN

Konstruksi bangunan bertingkat merupakan salah satu jenis proyek yang penuh dengan tantangan dan risiko tinggi, mengingat kompleksitas dan bobot pekerjaan yang harus ditangani serta ketinggian struktur yang dibangun (Maulana A.B.A 2020). Konstruksi bangunan bertingkat menimbulkan risiko tinggi karena melibatkan banyak bobot pekerjaan berat dan pekerjaan struktur tinggi. Konstruksi ini memiliki kompleksitas yang memakan waktu cukup lama sehingga dapat menimbulkan ketidakpastian yang akan memunculkan berbagai macam risiko (Maulana A.B.A 2020). Kemungkinan terjadinya peristiwa atau hal – hal yang tidak diharapkan yang mengancam kerugian secara langsung atau tidak langsung dikenal sebagai risiko, tidak ada cara untuk menghilangkan risiko yang terlibat dalam proyek konstruksi namun, risiko tersebut dapat dikurangi. Ketidakpastian yang berpotensi menimbulkan risiko dapat menyebabkan kerugian yang tidak diinginkan dan mengganggu operasi proyek konstruksi (Maharani *et al.* 2022). Risiko dapat mempengaruhi proses pelaksanaan proyek konstruksi dan dapat menyebabkan kerugian terhadap berbagai masalah, salah satunya adalah keterlambatan waktu.

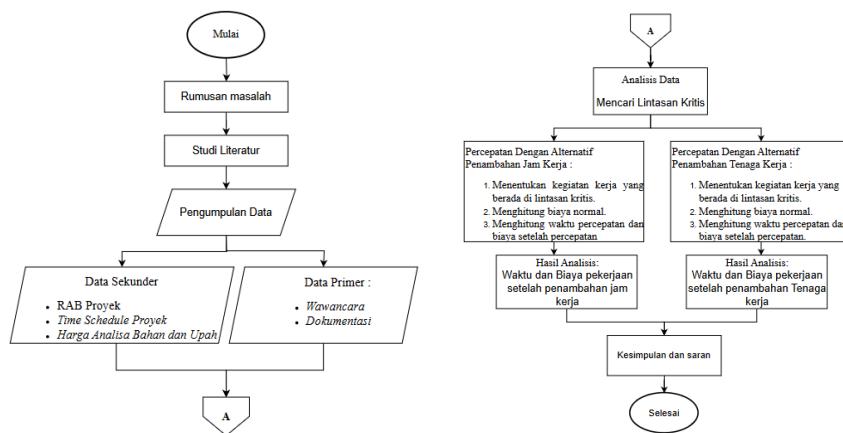
Menurut Sutciana L.A (2020) Beberapa metode percepatan proyek yang sering digunakan adalah metode fast-track, metode time cost trade off, dan metode crashing. Metode tersebut digunakan untuk mengatasi masalah proyek yang mengalami keterlambatan. Menurut Ikhsan (2021) Metode Fast Track menggunakan prinsip kegiatan pembangunan yang pararel atau tumpang tindih pada pekerjaan kritis dan mengatur ulang ketergantungan antar pekerjaan untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek. Metode Time Cost Trade Off merupakan kompresi jadwal untuk membuat proyek lebih menguntungkan dari segi waktu (durasi), biaya, dan pendapatan (Raranta *et al.*, 2024). Metode crashing adalah cara untuk mengurangi waktu penyelesaian proyek dengan cara yang disengaja, sistematis, dan analitik dengan menguji semua kegiatan proyek, dengan penekanan khusus pada kegiatan yang berada di jalur kritis. Oleh karena itu, sebelum menggunakan metode crashing, harus mengetahui lintasan kritis dalam perencanaan jaringan karena lintasan kritis sangat penting untuk mempercepat durasi (Nardiansyah and Intansari 2022). Percepatan proyek membuat proyek selesai lebih awal dari yang direncanakan, meningkatkan prestasi kerja kontraktor yang baik. Faktor biaya dan standar mutu harus diperhatikan, supaya kontraktor tidak mengalami kerugian dan mutu pekerjaan tetap terjaga.

Pada proyek pembangunan CWI-02 ITS Surabaya yang meliputi pembangunan Pusat Kelautan, Pusat Otomotif Proving Ground Kantor Otomotif Proving Ground, Pusat Kreatifitas, Pusat ICT dan Robotik, dan Infrastruktur Pendukung. Proyek CWI-02 ITS Surabaya dibangun oleh PT. Adhi Karya (Persero) Tbk selaku kontraktor pelaksanaanya. Berdasarkan hasil survey awal dengan melakukan wawancara dan survey, pelaksanaan proyek ini direncanakan selesai 78 minggu yaitu dimulai pada tanggal 26 September 2023 hingga 12 Maret 2025, namun proyek pembangunan CWI-02 ITS Surabaya mengalami keterlambatan pelaksanaan di mana seharusnya pelaksanaan proyek konstruksi sampai minggu ke 33 adalah mencapai bobot 28,9669%, namun realisasi di lapangan baru mencapai bobot pekerjaan sebesar 20,0791% yang mengakibatkan terjadi keterlambatan proyek sebesar 8,8879%. Untuk mengatasi permasalahan keterlambatan proyek tersebut perlu dilakukan analisis percepatan proyek maka untuk penelitian ini akan menggunakan metode *crashing*. Metode *crashing* membantu mengurangi keterlambatan dengan mempercepat pekerjaan pada lintasan kritis (kegiatan yang paling lama) tanpa meningkatkan biaya secara signifikan. Metode *crashing* berfokus pada kegiatan yang berada di jalur kritis.

Metode crashing dilakukan untuk mengejar prestasi yang tertinggal pada waktu-waktu sebelumnya karena terjadinya perubahan atau penyimpangan. Akan tetapi metode crashing juga dapat dilakukan pada suatu penjadwalan karena memang diinginkan agar waktu penyelesaian suatu proyek lebih cepat dari yang

direncanakan (Armalisa 2021). Penerapan percepatan proyek menggunakan metode crashing sangat diperlukan pada suatu proyek konstruksi dikarenakan dapat mempercepat pelaksanaan durasi proyek namun terkadang biaya yang dikeluarkan sedikit lebih mahal dari perencanaan awal proyek (Malahayati 2023). Metode ini melibatkan pengurangan durasi proyek dengan cara menambahkan jam kerja lembur atau penambahan tenaga kerja. Dengan demikian, proyek dapat diselesaikan lebih cepat. Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai pembanding hasil dari metode *crashing* menggunakan alternatif penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja untuk mengetahui efisiensi waktu dan biaya yang tercapai dari menggunakan alternatif penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Flowchart

(Sumber : Olahan Peneliti, 2024)

2.1 Metode *Crashing*

Metode Crashing adalah proses mereduksi waktu penyelesaian proyek dengan disengaja, sistematis, dan analitik melalui pengujian dari semua kegiatan yang difokuskan pada kegiatan di jalur kritis. Maka lintasan kritis harus sudah diketahui sebelum melakukan crashing, karena lintasan kritis menjadi penentu dalam mempercepat durasi (Umar M.A 2021). . Menurut Sutrisno et al. (2024), kegiatan dalam suatu proyek dapat dipercepat dengan berbagai cara, yaitu :

1. Dengan mengadakan shift kerja, berarti biaya tambahan berupa biaya untuk penerangan, makan dan lain sebagainya.
2. Dengan memperpanjang durasi kerja (waktu lembur)
3. Menambah jumlah pekerja
4. Menggunakan material yang lebih cepat pemasangannya.
5. Menggunakan alat bantu yang lebih produktif.

2.2 PENAMBAHAN JAM KERJA

Kerja lembur atau Overtime adalah pekerjaan yang dilakukan oleh karyawan, atas dasar perintah atasan yang melebihi jam kerja biasa pada hari kerja atau pekerjaan yang dilakukan pada hari istirahat minggu karyawan atau hari libur resmi (Maulana A.B.A 2020).

Tabel 2. Koefisien Penurunan Produktivitas

Jam Lembur	Penurunan Indeks Produktivitas	Prestasi Kerja (%)
1 Jam	0.1	90
2 Jam	0.2	80
3 Jam	0.3	70
4 Jam	0.4	60

(Sumber : Soeharto, 1997)

Rumus untuk perhitungan *crash duration* dapat dituliskan sebagai berikut:

- Produktivitas harian

$$\frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Durasi normal}}$$

- Produktivitas Tiap Jam

$$\frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja / hari}}$$

Keterangan :

Waktu kerja normal adalah 7 jam perhari

- Produktivitas harian sesudah *crash*

$$(8 \text{ jam} \times \text{Produktivitas tiap jam}) + (a \times b \times \text{produktivitas tiap jam})$$

Keterangan :

a = Lama penambahan jam kerja

b = Koef penurunan produktivitas penambahan jam kerja

- *Crash Duration*

$$\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas harisan sesudah crash}}$$

- b. *Crash Cost*

Menurut keputusan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia (2004) pasal 11, bahwa upah penambahan jam kerja bervariasi. Adapun perhitungan biaya akibat penambahan jam kerja dapat dirumuskan sebagai berikut :

- Normal Cost pekerja perhari

$$\text{Produktivitas harian} \times \text{harga satuan upah pekerja}$$
- Biaya lembur pekerja

Upah jam lembur pertama :

$$1.5 \times \frac{1}{173} \times \text{upah sebulan}$$

Upah jam lembur kedua dan seterusnya

$$2 \times \frac{1}{173} \times \text{upah sebulan}$$

- *Crash Cost* pekerja perhari

$$(7 \text{ jam} \times \text{normal cost pekerja}) + \text{biaya lembur pekerja}$$

- c. Perhitungan *cost slope* untuk semua aktivitas

$$\frac{\text{Crash Cost-Normal Cost}}{\text{Normal Durasi-Crash Duration}}$$

2.3 PENAMBAHAN TENAGA KERJA

Penambahan tenaga kerja dimaksudkan sebagai penambahan jumlah pekerja dalam satu unit pekerja untuk melaksanakan suatu kegiatan tanpa menambah jam kerja. Penambahan tenaga kerja yang optimum akan meningkatkan produktivitas pekerjaan, namun penambahan yang terlalu banyak justru menurunkan produktivitas kerja karena terlalu sempitnya lahan untuk bekerja.

a. Crash Duration

Untuk penambahan jumlah tenaga kerja data yang diperlukan adalah jumlah tenaga kerja yang ada di lapangan, sehingga produktivitas dicari setelah ditambah tenaga kerja, adapun perhitungan produktivitas adalah sebagai berikut :

- Produktivitas tenaga kerja

$$\frac{\text{produktivitas harian normal}}{\text{jumlah tenaga kerja normal}}$$
- Jumlah tenaga kerja *crash*

Jumlah tenaga kerja normal + penambahan tenaga kerja

- Produktivitas *crash*

Produktivitas tenaga kerja \times total jumlah tenaga kerja akibat penambahan tenaga kerja

- *Crash duration*

$$\frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas Crash}}$$

b. Crash Cost

Adapun perhitungan biaya penambahan tenaga kerja dapat dirumuskan sebagai berikut :

- Biaya penambahan tenaga kerja

Crash Duration \times penambahan tenaga kerja \times upah per pekerja

- *Crash Cost* pekerja

Biaya normal \times biaya penambahan tenaga kerja

c. Perhitungan *cost slope*

$$\frac{\text{Crash Cost-Normal Cost}}{\text{Normal Duration-Crash Duration}}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Daftar Pekerjaan Lintasan Kritis

Berikut adalah pekerjaan yang berada di lintasan kritis

No	Item Pekerjann
1	Pembersihan Lokasi
2	Pekerjaan Pembuangan Tanah
3	Pemancangan Tiang Pancang dia 30 cm

4	Kolom Baja KHB I H-Beam 300.300.10.15
5	Kolom Baja KWF WF 1 300.150.6,5,9
6	Balok Baja BWF 1 WF 450.200.9.14
7	Balok Baja BWF 2 WF 400.200.8.13
8	Balok Baja BWF 3 WF 350.175.7.11
9	Balok Baja BWF 4 WF 300.150.6,5,9
10	Balok Baja BWF 5 WF 250.125.6,9
11	Balok Baja BWF 6 WF 150.75.5,7
12	Balok Baja BWF 7 CNP 75.40.5,7
13	Balok Baja BWF 8 WF 500.200.10.16
14	Kolom Baja KHB 1 H-Beam 300.300.10.15
15	Kolom Baja KWF 1 WF 300.150.6,5,9
16	Kolom H-Beam 200.200.8.12
17	Balok Baja BWF 6 WF 150.75.5,7
18	Balok Baja BWF 2 WF 400.200.8.13
19	Balok Baja BWF 5 WF 250.125.6,9
20	Balok Baja BWF 6 WF 150.75.5,7
21	Balok Baja BWF 7 CNP 75.40.5,7
22	Balok Rafter WF 150.75.5,7
23	Balok Konsol WF1 150.75.5,7
24	Balok Penyambung WF 150.75.5,7
25	Balok Kantilever 150.75.5,7
26	Kolom WF 200.100.5,8
27	Gording CNP 100.50.20.3,2
28	Pekerjaan pas bata ringan
29	tebal 10 cm + perekat
30	Pekerjaan Plesteran
31	Pekerjaan Acian
32	Pekerjaan Granite Tile 60 x 60 (Polished)

3.2 Penambahan Jam Kerja

3.2.1 Menghitung *Crash Duration*

Contoh pekerjaan Kolom Baja KHB I H-Beam 300.300.10.15 :

Produktivitas per hari	= Volume/ Durasi normal
	= 4136/ 14
	= 295,32 kg /hari
Produktivitas per jam	= Produktivitas per hari/ jam kerja per hari
	= 295,32/ 8
	= 36,92 kg /hari/jam
Produktivitas sesudah <i>crash</i>	= (jam kerja per hari×Produktivitas per jam) + (a×b×Produktivitas per jam)
	= 8×36,92) + (4×60%×36,92)
	= 383,97 kg
<i>Crash Duration</i>	= Volume/ produktivitas sesudah <i>crash</i>
	= 4136/ 383,97
	= 10,77 hari ≈ 11 hari

3.2.2 Menghitung *Crash Cost*

Biaya pekerja per jam :

Pekerja	= Rp. 21.731,25
Tukang	= Rp. 22.536,25

Kepala Tukang	= Rp. 22.981,25
Mandor	= Rp. 23.606,25
Upah lembur jam ke-1	= $1,5 \times$ upah normal perjam
Pekerja	= Rp. 32.596,88
Tukang	= Rp. 33.534,38
Kepala Tukang	= Rp. 34.471,88
Mandor	= Rp. 35.409,38
Upah lembur jam ke 2	= $2 \times$ upah normal perjam
Pekerja	= Rp. 43.463,00
Tukang	= Rp. 44.713,00
Kepala Tukang	= Rp. 45.962,00
Mandor	= Rp. 47.213,00
Upah lembur jam ke-3	= $2 \times$ upah normal perjam
Pekerja	= Rp. 43.463,00
Tukang	= Rp. 44.713,00
Kepala Tukang	= Rp. 45.962,00
Mandor	= Rp. 47.213,00
Upah lembur jam ke 4	= $2 \times$ upah normal perjam
Pekerja	= Rp. 43.463,00
Tukang	= Rp. 44.713,00
Kepala Tukang	= Rp. 45.962,00
Mandor	= Rp. 47.213,00
Upah lembur total	= upah normal perhari + total lembur selama 4 jam
Pekerja	= Rp. 336.835,88
Tukang	= Rp. 346.523,38
Kepala tukang	= Rp. 356.207,88
Mandor	= Rp. 366.898,38
Upah lembur pekerja per hari	= Jumlah pekerja \times Upah lembur
Pekerja	= $9 \times$ Rp. 336.835,88
	= Rp. 3.031.522,92
Tukang	= $9 \times$ Rp. 346.523,38
	= Rp. 3.118.710,42
Kepala tukang	= $1 \times$ Rp. 356.207,88
	= Rp. 356.207,88
Mandor	= $1 \times$ Rp. 366.898,83
	= Rp. 366.898,38
Total lembur per hari	= Rp. 6.873.339,6
<i>Crash Cost</i>	= Jumlah upah lembur perhari \times Durasi percepatan

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp. } 6,873,339,6 \times 11 \\
 &= \text{Rp. } 75,606,735,6
 \end{aligned}$$

3.2.3 Menghitung **Cost Slope**

$$\begin{aligned}
 \text{Cost Slope} &= \text{crash cost-normal cost} / \text{normal duration-crash duration} \\
 &= 75,606,735,6 - 49,658,000 / 14 - 11 \\
 &= \text{Rp. } 8,649,578,33
 \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama untuk hasil analisis penambahan biaya dan upah tenaga kerja akibat percepatan durasi proyek dengan alternatif penambahan 4 jam kerja lembur perhari pada pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis lainnya.

N o	Item Pekerjann	Cost Slope
1	Pembersihan Lokasi	Rp2,951,025.00
2	Pekerjaan Pembuangan Tanah	Rp3,285,600.00
3	Pemancangan Tiang Pancang dia 30 cm	Rp7,171,312.50
4	Kolom Baja KHB 1 H-Beam 300.300.10.15	Rp8,645,812.50
5	Kolom Baja KWF WF 1 300.150.6,5.9	Rp4,986,212.50
6	Balok Baja BWF 1 WF 450.200.9.14	Rp6,617,450.00
7	Balok Baja BWF 2 WF 400.200.8.13	Rp7,786,106.25
8	Balok Baja BWF 3 WF 350.175.7.11	Rp4,986,212.50
9	Balok Baja BWF 4 WF 300.150.6,5.9	Rp1,994,850.00
10	Balok Baja BWF 5 WF 250.125.6.9	Rp6,926,400.00
11	Balok Baja BWF 6 WF 150.75.5.7	Rp3,934,700.00
12	Balok Baja BWF 7 CNP 75.40.5.7	Rp1,994,850.00
13	Balok Baja BWF 8 WF 500.200.10.16	Rp8,248,687.50
14	Kolom Baja KHB 1 H-Beam 300.300.10.15	Rp5,206,987.50
15	Kolom Baja KWF 1 WF 300.150.6,5.9	Rp3,487,575.00
16	Kolom H-Beam 200.200.8.12	Rp3,354,975.00
17	Balok Baja BWF 6 WF 150.75.5.7	Rp1,994,850.00
18	Balok Baja BWF 2 WF 400.200.8.13	Rp3,487,575.00
19	Balok Baja BWF 5 WF 250.125.6.9	Rp6,617,450.00
20	Balok Baja BWF 6 WF 150.75.5.7	Rp3,934,700.00
21	Balok Baja BWF 7 CNP 75.40.5.7	Rp1,994,850.00
22	Balok Rafter WF 150.75.5.7	Rp5,874,550.00
23	Balok Konsol WF1 150.75.5.7	Rp6,706,875.00
24	Balok Penyambung WF 150.75.5.7	Rp4,904,625.00
25	Balok Kantilever 150.75.5.7	Rp6,706,875.00
26	Kolom WF 200.100.5.8	Rp6,080,900.00
27	Gording CNP 100.50.20.3,2	Rp3,827,358.33
28	Pekerjaan pas bata ringan tebal 10 cm + perekat	Rp8,237,487.50
29	Pekerjaan Plesteran	Rp8,609,250.00
30	Pekerjaan Acian	Rp7,325,784.38
31	Pekerjaan Granite Tile 60 x 60 (Polished)	Rp6,816,975.00

3.2.4 Perhitungan Durasi **Crash** proyek dan Biaya **Crash** proyek

Pada tahap ini dilakukan perhitungan secara keseluruhan dari durasi normal proyek selama 294 hari kalender dan biaya normal proyek dengan biaya penambahan percepatan. Dengan mempertimbangkan efisiensi biaya dan waktu, maka tidak semua pekerjaan yang berada dilintasan kritis dilakukan percepatan. Pada perhitungan ini pekerjaan yang akan dipercepat adalah pekerjaan yang memiliki nilai *cost slope* tertinggi.

Pekerjaan yang dipercepat adalah pekerjaan Kolom Baja KHB I H-Beam 300.300.10.15 yang memiliki <i>cost slope</i> sebesar Rp.8,645,812.50 / hari.	
Durasi	= 294 hari – 3 hari
Durasi total	= 291 hari
Biaya Langsung	= Biaya langsung normal + (Durasi Percepatan × Cost Slope) = Rp. 3,061,563,733.95 + (3 hari × Rp. 8,645,812.50) = Rp. 3,087,501,171.45
Biaya Tidak langsung	= Biaya tidak langsung perhari × durasi total = Rp. 1,837,673.31 × 291 hari = Rp. 534,762,933.21
Total Biaya	= Biaya Langsung + Biaya Tidak Langsung = Rp. 3,087,501,171.45 + Rp. 534,438,276.86 = Rp. 3,622,264,104

3.2.5 Waktu dan Biaya Total Alternatif Penambahan Jam Kerja

Dari perhitungan diatas, biaya total proyek didapat untuk masing masing durasi. Untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai perbandingan waktu dan biaya hasil analisis yang dilakukan dengan penambahan jam kerja lembur selama 4 jam ditunjukkan pada Tabel berikut:

Kondisi	Durasi (Hari)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tak Langsung (Rp)	Total
Normal	294	Rp3,061,563,733.95	Rp540,275,953.05	Rp3,601,839,687.00
Penambahan Jam kerja	291	Rp3,087,501,171.45	Rp534,762,933.21	Rp3,622,264,104.66

3.3 Penambahan Tenaga Kerja

Analisis penambahan jumlah tenaga kerja dilakukan sebesar 25%, dengan mempertimbangkan efisiensi waktu dan biaya yang optimal. Berikut merupakan contoh perhitungan penambahan jumlah tenaga kerja sebesar 25% dari jumlah pekerja normal pada pekerjaan.

Jumlah pekerja percepatan	
Pekerja	= 9 orang + 3 orang = 12 orang
Tukang	= 9 orang + 3 orang = 12 orang
Kepala tukang	= 1 orang + 1 orang = 2 orang
Mandor	= 1 orang + 1 orang = 2 orang

3.3.1 3.3.1 Menghitung Crash Duration

Contoh pekerjaan Kolom Baja KHB I H-Beam 300.300.10.15 :

Produktivitas per hari	= Volume/ Durasi normal = 4136/ 14 = 295,32 kg /hari
Produktivitas per jam	= Produktivitas per hari/ Tenaga kerja normal = 295,32/ 20 = 14.77 kg /hari/jam

Produktivitas <i>Crashing</i>	= Produktivitas pekerja \times pekerja <i>crashing</i>
	= 14.77×28
	= 413.56 kg
Crash Duration	= Volume/ produktivitas <i>crash</i>
	= $4136 / 413.56$
	= 10 hari

3.3.2 Menghitung *Cost Duration*

Upah penambahan jumlah tenaga kerja per hari	
Pekerja	= $12 \times \text{Rp. } 173,850 = 2,086,200$
Tukang	= $12 \times \text{Rp. } 178,850 = 2,146,200$
Kepala Tukang	= $2 \times \text{Rp. } 183,850 = 367,700$
Mandor	= $2 \times \text{Rp. } 188,850 = 377,700$
Jadi total upah penambahan tenaga kerja per hari adalah Rp. 4,977,800	
<i>Crash cost</i>	= jumlah upah per hari pekerja \times Durasi Percepatan
	= $4,977,800 \times 10$
	= 49,778,000

3.3.3 Menghitung *Cost Slope*

Cost Slope	= <i>Crash Cost – Normal Cost / Normal Duration – Crash Duration</i>
	= $49.778.000 - 49.658.000 / 14 - 10$
	= Rp. 30.000 /hari

Dengan cara perhitungan yang sama untuk hasil analisis penambahan biaya dan upah tenaga kerja akibat percepatan durasi proyek dengan alternatif penambahan jumlah tenaga kerja sebesar 25% pada pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis lainnya dapat dilihat pada tabel berikut :

N o	Item Pekerjann	Cost Slope
1	Pembersihan Lokasi	Rp377,700.00
2	Pekerjaan Pembuangan Tanah	Rp196,350.00
3	Pemancangan Tiang Pancang dia 30 cm	Rp173,850.00
4	Kolom Baja KHB I H-Beam 300.300.10.15	Rp30,000.00
5	Kolom Baja KWF WF 1 300.150.6,5,9	Rp735,400.00
6	Balok Baja BWF 1 WF 450.200.9.14	Rp382,700.00
7	Balok Baja BWF 2 WF 400.200.8.13	Rp758,733.33
8	Balok Baja BWF 3 WF 350.175.7.11	Rp735,400.00
9	Balok Baja BWF 4 WF 300.150.6,5,9	Rp362,700.00
10	Balok Baja BWF 5 WF 250.125.6,9	Rp1,111,433.33
11	Balok Baja BWF 6 WF 150.75.5,7	Rp261,800.00
12	Balok Baja BWF 7 CNP 75.40.5,7	Rp362,700.00
13	Balok Baja BWF 8 WF 500.200.10.16	Rp30,000.00
14	Kolom Baja KHB 1 H-Beam 300.300.10.15	Rp559,050.00
15	Kolom Baja KWF 1 WF 300.150.6,5,9	Rp382,700.00
16	Kolom H-Beam 200.200.8.12	Rp241,800.00
17	Balok Baja BWF 6 WF 150.75.5,7	Rp362,700.00
18	Balok Baja BWF 2 WF 400.200.8.13	Rp382,700.00
19	Balok Baja BWF 5 WF 250.125.6,9	Rp382,700.00
20	Balok Baja BWF 6 WF 150.75.5,7	Rp261,800.00
21	Balok Baja BWF 7 CNP 75.40.5,7	Rp362,700.00
22	Balok Rafter WF 150.75.5,7	Rp379,366.67
23	Balok Konsol WF1 150.75.5,7	Rp735,400.00
24	Balok Penyambung WF 150.75.5,7	Rp1,118,100.00

25	Balok Kantilever 150.75.5.7	Rp735,400.00
26	Kolom WF 200.100.5.8	Rp153,080.00
27	Gording CNP 100.50.20.3,2	Rp745,400.00
28	Pekerjaan pas bata ringan tebal 10 cm + perekat	Rp1,296,950.00
29	Pekerjaan Plesteran	Rp1,058,483.33
30	Pekerjaan Acian	Rp124,425.00
31	Pekerjaan Granite Tile 60 x 60 (Polished)	Rp1,118,100.00

3.3.4 Perhitungan Durasi Crash proyek dan Biaya Crash proyek

Pada tahap ini dilakukan perhitungan secara keseluruhan dari durasi normal proyek selama 294 hari kalender dan biaya normal proyek dengan biaya penambahan percepatan. Dengan mempertimbangkan efisiensi biaya dan waktu, maka tidak semua perkerjaan yang berada dilintasan kritis dilakukan percepatan. Pada perhitungan ini pekerjaan yang akan dipercepat adalah pekerjaan yang memiliki nilai *cost slope* tertinggi.

Pekerjaan yang dilakukan percepatan adalah pekerjaan Pasangan Bata Ringan Tebal 10 Cm + perekat yang memiliki *Cost Slope* sebesar Rp. 1,296,950.00

$$\text{Durasi} = 294 \text{ hari} - 2 \text{ hari}$$

$$\text{Durasi total} = 292 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Langsung} &= \text{Biaya langsung normal} + (\text{Durasi Percepatan} \times \text{Cost Slope}) \\ &= \text{Rp.} 3,061,563,733.95 + (2 \times \text{Rp.} 1,296,950.00) \\ &= \text{Rp.} 3,064,157,633.95 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Tidak Langsung} &= \text{Biaya tidak langsung perhari} \times \text{durasi total} \\ &= \text{Rp.} 1,837,673.31 \times 292 \\ &= \text{Rp.} 536,600,606.52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Biaya} &= \text{Biaya Langsung} + \text{Biaya Tidak Langsung} \\ &= \text{Rp.} 3,062,860,683.95 + \text{Rp.} 539,050,834.62 \\ &= \text{Rp.} 3,600,758,240.47 \end{aligned}$$

3.3.5 Waktu dan Biaya Total Alternatif Penambahan Jam Kerja

Dari perhitungan diatas, biaya total proyek didapat untuk masing masing durasi. Untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai perbandingan waktu dan biaya hasil analisis yang dilakukan dengan penambahan tenaga kerja sebanyak 25% ditunjukkan pada Tabel berikut :

Kondisi	Durasi (Hari)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tak Langsung (Rp)	Total
Normal	294	Rp3,061,563,733.95	Rp540,275,953.05	Rp3,601,839,687.00
Penambahan Tenaga Kerja	292	Rp3,064,157,633.95	Rp536,600,606.52	Rp3,600,758,240.47

3.4 Efisiensi Waktu dan Biaya

Tujuan dari perhitungan efisiensi adalah untuk mengetahui presentase besaran perubahan waktu dan biaya sebelum dan sesudah dilakukan percepatan. Untuk mengetahui presentase efisiensi waktu dan biaya dari hasil analisis percepatan dari kedua alternatif yaitu penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan jumlah tenaga kerja sebesar 25%, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

1. Alternatif penambahan jam kerja

a. Presentase efisiensi waktu

Durasi normal : 294 hari

Durasi Percepatan : 291 hari

Untuk menghitung persentase menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi waktu} &= \frac{294 - 291}{294} \times 100\% \\ &= 0.01\% \end{aligned}$$

b. Presentase efisiensi biaya

Biaya normal = Rp. 3,601,839,687.00

Biaya Percepatan = Rp. 3,622,264,104.66

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi biaya} &= \frac{\text{Rp.}3,601,839,687.00 - \text{Rp.}3,622,264,104.66}{\text{Rp.}3,601,839,687.00} \times 100\% \\ &= -0.0057\% \end{aligned}$$

1. Alternatif penambahan tenaga kerja

a. Presentase efisiensi waktu

Durasi normal : 294 hari

Durasi Percepatan : 292 hari

Untuk menghitung persentase menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi waktu} &= \frac{294 - 292}{294} \times 100\% \\ &= 0.0068\% \end{aligned}$$

b. Presentase efisiensi biaya

Biaya normal = Rp. 3,601,839,687.00

Biaya Percepatan = Rp. 3,600,758,240.47

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi biaya} &= \frac{\text{Rp.}3,601,839,687.00 - \text{Rp.}3,600,758,240.47}{\text{Rp.}3,601,839,687.00} \times 100\% \\ &= 0.03\% \end{aligned}$$

3.5 Perbandingan Waktu dan Biaya Kondisi Normal dan Percepatan

Berdasarkan analisis yang dilakukan pada Proyek CWI 02 ITS Surabaya, maka didapatkan perbandingan waktu dan biaya pada pekerjaan kondisi normal dan percepatan sebagai berikut :

Kondisi	Durasi (Hari)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tak Langsung (Rp)	Total
Normal	294	Rp3,061,563,733.95	Rp540,275,953.05	Rp3,601,839,687.00
Penambahan Jam kerja	291	Rp3,087,501,171.45	Rp534,762,933.21	Rp3,622,264,104.66
Penambahan Tenaga Kerja	292	Rp3,064,157,633.95	Rp536,600,606.52	Rp3,600,758,240.47

Pada gambar diatas menunjukkan durasi total proyek dari kondisi normal selama 294 hari, kemudian durasi total proyek dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 291 hari, serta durasi total proyek dengan alternatif penambahan jumlah tenaga kerja selama 292 hari.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis percepatan dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam dan alternatif penambahan jumlah tenaga kerja sebesar 25% pada Proyek CWI-02 ITS Surabaya, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil Perhitungan dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam diperolehi durasi proyek menjadi 291 hari, dari total durasi proyek kondisi normal yaitu 294 hari, kemudian terjadi perubahan biaya total proyek menjadi Rp. 3,622,264,104.66. Sedangkan hasil perhitungan dengan

- alternatif penambahan tenaga kerja diperoleh durasi proyek menjadi 292 hari, kemudian terjadi perubahan biaya total proyek menjadi Rp. 3,600,758,240.47.
2. Berdasarkan hasil perhitungan dengan alternatif penambahan jam kerja 4 jam diperoleh durasi 291 hari dan biaya sebesar Rp. 3,622,264,104.66. sehingga selisih waktu 3 hari lebih cepat dari durasi rencana dan selisih biaya sebesar Rp. 20,424,417.66 lebih mahal dari biaya rencana, sedangkan dengan alternatif penambahan tenaga kerja sebanyak 25% diperoleh durasi proyek menjadi 292 hari dan biaya sebesar Rp. 3,600,758,240.47. sehingga selisih waktu 2 hari lebih cepat dari durasi rencana dan selisih biaya sebesar Rp. 1,081,446.53 lebih murah dari biaya rencana.

5. REFERENCES

- Armalisa Aslinda, Triana Dassy, and Sari Meassa Monikha. 2021. "Metode Crashing Terhadap Penambahan Jam Kerja Optimum Pada Proyek Konstruksi." *Jurnal Teknik Sipil Universitas Serang Raya* 1(1):41–58.
- Frederika, Ariany. 2010. "Analisis Percepatan Pelaksanaan Dengan Menambah Jam Kerja Optimum Pada Proyek Konstruksi." *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* 14(2).
- Ikhsan, Maulana. 2021. "Analisis Biaya Dan Waktu Pada Proyek Konstruksi Menggunakan Metode Fast Track." *SIJIE Scientific Journal of Industrial Engineering* 2(2):80–85.
- Maharani, Siti Aisyah, Santika Sari, Muhamad As'adi, and Annisa Putriana Saputro. 2022. "Analisis Risiko Pada Proyek Konstruksi Perumahan Dengan Metode House of Risk (HOR) (Studi Kasus: Proyek Konstruksi Perumahan PT ABC)." *Journal of Integrated System* 5(1):16–26. doi: 10.28932/jis.v5i1.3996.
- Malahayati. 2023. "Analisis Percepatan Durasi Proyek Menggunakan Metode Crashing Pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Mapolda Sumatera Selatan)."
- Maulana A.B.A. 2020. "Analisis Percepatan Waktu Dan Rencana Anggaran Biaya Menggunakan Metode Crashing Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur)."
- Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia. 2004. *Keputusan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia*.
- Nardiansyah, Afrie, and Dyah Widi Astin Intansari. 2022. "Optimasi Waktu Dan Biaya Dengan Metode Crashing Pada Proyek Pembangunan Jalan Simp. 4 Kaliorang – Talisayan Kalimantan Timur." *JURNAL KRIDATAMA SAINS DAN TEKNOLOGI* 4(02):127–41. doi: 10.53863/kst.v4i02.498.
- Raranta, Heindrik E. B., Tisano Tj Arsjad, and Pingkan A. K. Pratas. 2024. "Optimalisasi Biaya Dan Waktu Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Peningkatan Jalan Molompar Utara-Wawali Pasan." *TEKNO* 22(88):949–59.
- Sutciana L.A. 2020. "Penerapan Metode Fast Track Untuk Percepatan Penjadwalan." *Student Journal Gelagar* 2(2):224–30.
- Sutrisno, Wahyu Tri, Michella Beatrix, and Laily Endah Fatmawati. 2024. "Analisis Percepatan Waktu Dan Biaya Pada Proyek Pembangunan Gedung Sekolah Dasar Wachid Hasyim Kota Surabaya Menggunakan Metode Crashing." *Portal: Jurnal Teknik Sipil* 16(1):123–30.
- Umar M.A. 2021. "Analisis Waktu Dan Biaya Dengan Metode Crashing, Overlapping."