

ANALISIS PENAMBAHAN BIAYA PERCEPATAN PADA PROYEK INFRASTRUKTUR JALAN DI KABUPATEN MALUKU TENGGARA

Ryobi Irfanto¹ (ryobi.irfanto@ukrida.ac.id)

William Tjoanda² (william.2017ts006@civitas.ukrida.ac.id)

Rut Lidyawati³ (rut.242020001@civitas.ukrida.ac.id)

ABSTRAK

Keterlambatan pada proyek menjadi salah satu masalah yang rentan terjadi. Keterlambatan dapat menyebabkan waktu pelaksanaan proyek tidak berjalan sesuai dengan jadwal rencana dan dapat menimbulkan terjadinya kerugian seperti pembengkakan biaya pelaksanaan. Keterlambatan proyek dapat diatasi dengan dilakukan percepatan. Salah satu metode untuk melakukan analisis percepatan adalah metode *crashing*. Metode *crashing* merupakan salah satu cara untuk mempercepat pekerjaan dengan risiko penambahan biaya. Metode *crashing* dilakukan dengan cara penambahan alat berat dan tenaga kerja untuk mempercepat waktu pelaksanaan konstruksi. Penelitian dilakukan pada proyek peningkatan jalan *hotmix* pada ruas jalan Bombay – Ad – Ohoiraut, Kabupaten Maluku Tenggara, Provinsi Maluku. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menganalisa penambahan biaya dari percepatan proyek dengan metode *crashing*. Perhitungan awal durasi menggunakan prinsip nilai hasil (*Earned Value*) didapatkan perkiraan proyek selesai pada 62 minggu, terlambat 10 minggu dari perencanaan. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh percepatan yang dilakukan pada proyek ini adalah 11 minggu dengan penambahan biaya sebesar Rp 971.919.091. Percepatan untuk metode *crashing* terjadi pada pekerjaan Divisi 2 (Pekerjaan Drainase), Divisi 6 (Pekerjaan Aspal), Divisi 7 (Pekerjaan Struktur), dan Divisi 9 (Pekerjaan Marka Jalan).

Kata Kunci: *crashing*, biaya, durasi, tenaga kerja, peralatan

ABSTRACT

Delays in projects are a problem that is prone to occurring. Delays can cause the project implementation time not to run according to the planned schedule and can cause losses such as increased implementation costs. In overcoming project delays, acceleration needs to be done. One method for conducting acceleration analysis is the crashing method. The crashing method is one way to speed up work with the risk of increasing costs. The crashing method is carried out by adding heavy equipment and labor to speed up construction implementation time. Research was carried out on the hotmix road improvement project on the Bombay – Ad – Ohoiraut road section, Southeast Maluku Regency, Maluku Province. This research aims to analyze the additional costs of project acceleration using the crashing method. Initial calculations of duration using the Earned Value principle showed that the project was estimated to be completed in 62 weeks, 10 weeks late than planned. Based on the calculation results, it was found that the acceleration carried out on this project was 11 weeks with an additional cost of IDR 971,919,091. Acceleration for the crashing method occurs in Division 2 (Drainage Work), Division 6 (Asphalt Work), Division 7 (Structure Work), and Division 9 (Road Marking Work).

Key Words: *crashing*, cost, duration, labor, equipment

PENDAHULUAN

Keterlambatan proyek merupakan salah satu masalah yang terjadi dalam pelaksanaan proyek konstruksi yang disebabkan oleh berbagai faktor. Keterlambatan proyek dapat diantisipasi

¹ Universitas Kristen Krida Wacana (Penulis Korespondensi);

² Universitas Kristen Krida Wacana;

³ Universitas Kristen Krida Wacana.

dengan cara melakukan percepatan untuk mengejar setiap pekerjaan yang terlambat agar dapat mencapai target rencana melalui metode *crashing* (Subakir & Sugiyanto, 2022). Metode *crashing* merupakan suatu cara dalam menganalisis biaya dan waktu untuk metode percepatan. Langkah percepatan yang dilakukan seperti mempercepat durasi seperti jam kerja bertambah (lembur) dan menambah sumber daya (Sandrini Salasa et al., 2023). Penambahan tenaga kerja membuat waktu pelaksanaan menjadi lebih singkat, namun terdapat penambahan biaya (Oetomo et al., 2017). Tingginya produktivitas tenaga kerja dapat mempengaruhi keberhasilan suatu proyek karena dapat selesai tepat waktu sehingga biaya yang dikeluarkan lebih efisien. (Rizal & Nisoni, 2020)

Pada Provinsi Maluku terdapat beberapa proyek konstruksi pembangunan jalan yang mengalami keterlambatan yaitu proyek konstruksi jalan Hotmix HRS di Kota Ohitel. Keterlambatan terjadi karena rata-rata SV yang bernilai negatif dan rata-rata SPI < 1 yang diperoleh dari metode *earned value* (Hadi et al., 2020). Penelitian ini dilakukan pada proyek jalan *hotmix* pada ruas jalan Bombay – Ad – Ohoiraut, Kabupaten Maluku Tenggara, Provinsi Maluku. Proyek tersebut mengalami keterlambatan dari jadwal rencana yang ditetapkan per 16 Februari 2023.

Keterlambatan proyek disebabkan karena adanya masalah pada jalan menuju proyek dimana jalan menjadi terhambat karena terdapat gapura yang menghalangi jalan tersebut dan akses jalan yang sempit harus dilakuak pelebaran saat pelaksanaan proyek dimulai. Hal ini menyebabkan jadwal proyek mengalami keterlambatan dari jadwal rencana. Keterlambatan dapat terjadi karena beberapa kendala yaitu kurangnya pengalaman pekerja, pengaruh iklim cuaca, terhambatnya datangnya peralatan ke lokasi proyek, dan terhambatnya pembayaran. (Rizal et al., 2023)

Penelitian ini menggunakan metode *earned value* yaitu konsep menghitung anggaran pada waktu tertentu menurut anggaran yang telah diselesaikan (Priyo Mandiyo & Zhafira Talitha, 2017). Penggunaan *Earned value* pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya biaya deviasi keterlambatan pada proyek dan dilakukan percepatan pada setiap pekerjaan dengan metode *crashing*. Metode *crashing* pada proyek jalan *hotmix* pada ruas jalan Bombay – Ad – Ohoiraut, Kabupaten Maluku Tenggara dilakukan dengan cara menambah biaya tenaga kerja dan biaya alat berat untuk mengejar durasi keterlambatan yang sudah disesuaikan dengan kondisi proyek yang masih minim listrik sehingga pekerjaan hanya bisa dilakukan pada pagi hari sampai sore hari.

TINJAUAN PUSTAKA

Critical Path Method (CPM)

Critical Path Method (CPM) yaitu jalur yang terdiri atas rangkaian komponen pekerjaan dengan memberikan total jumlah waktu penyelesaian proyek yang paling lama sampai tercepat (Sandrini Salasa et al., 2023). Jalur kritis yaitu rangkaian pekerjaan yang dimulai dari awal pertama pekerjaan sampai pada pekerjaan terakhir. Jalur kritis merupakan rangkaian pekerjaan yang berhubungan dengan waktu pelaksanaan yang sudah direncanakan. Apabila jalur kritis tersebut mengalami keterlambatan, maka akan berdampak pada waktu selesainya proyek (Rosanti et al., 2016).

Metode Crashing

Metode *crashing* merupakan merupakan suatu cara dalam menganalisis biaya dan waktu untuk metode percepatan. Kelebihan metode *crashing* yaitu dapat mempersingkat durasi pekerjaan dan dapat menghemat biaya pekerja (Messah et al., 2023). Pekerjaan percepatan metode *crashing* dilakukan dengan cara memperlama waktu kerja (lembur), penggunaan alat kerja yang lebih produktif, dan penambahan jumlah pekerja. Metode *crashing* dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Gambar *network planning* untuk setiap pekerjaan untuk menentukan lintasan kritis.

2. Menentukan crash duration

- a. Menghitung produktivitas harian tenaga dan alat setiap pekerjaan
(Nardiansyah et al., 2022)

$$\text{Produktivitas normal} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Durasi Normal}} \quad (1)$$

- b. Menghitung produktivitas *crashing* dengan penambahan tenaga kerja dan alat berat
(Nardiansyah et al., 2022)

$$\text{Produktivitas crashing} = \frac{\text{Produktivitas Normal (Total Tn + Total Tc)}}{(\text{Total Tn})} \quad (2)$$

dengan,

Tn : Jumlah kebutuhan tenaga kerja dan alat normal

Tc : Jumlah penambahan tenaga kerja dan alat

- c. Menghitung crash duration (Nardiansyah et al., 2022)

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Produktivitas Crashing}} \quad (3)$$

3. Menghitung *crash cost*

- a. Menghitung crash cost tenaga kerja

Menghitung upah kerja mingguan :

$$\text{Upah kerja per minggu} = \text{Harga upah per jam} \times \text{jam kerja} \times 7 \text{ hari} \quad (4)$$

Menghitung biaya kebutuhan tenaga kerja :

$$\text{Biaya Tenaga Kerja} = \text{Harga upah per minggu} \times \text{jumlah pekerja normal} \quad (5)$$

Menghitung *crash cost* tenaga kerja :

$$\text{Crash Cost Tenaga Kerja} = \text{Harga upah per minggu} \times (\text{jumlah pekerja normal} + \text{jumlah penambahan tenaga kerja}) \quad (6)$$

- b. Menghitung *crash cost* alat berat

Menghitung alat berat mingguan :

$$\text{Harga Sewa Alat per Minggu} = \text{Harga sewa alat per jam} \times \text{jam kerja} \times 7 \text{ hari} \quad (7)$$

Menghitung biaya kebutuhan alat berat :

$$\text{Normal Cost Alat Berat} = \text{Harga sewa alat per minggu} \times \text{jumlah alat normal} \quad (8)$$

Menghitung *crash cost* alat berat :

$$\text{Crash Cost Alat Berat} = \text{Harga sewa alat per minggu} \times (\text{jumlah alat normal} + \text{jumlah penambahan alat}) \quad (9)$$

4. Menghitung *cost slope*

Cost slope yaitu suatu anggaran yang dibutuhkan dalam mempercepat proyek per satuan waktu tertentu (Armalisa et al., 2017).

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

Schedule Performance Index

Schedule performance index merupakan ukuran dari efisiensi yang dinyatakan sebagai rasio dari EV dan PV untuk mengetahui kinerja waktu proyek tersebut (Muchammad & Wicaksono, 2021). Berikut merupakan persamaan dari schedule performance index :

$$\text{SPI} = \text{EV}/\text{PV} \quad (10)$$

dengan,

SPI : Schedule performance index

EV : Earned value]

PV :Planned value

Estimate Date Complete

Estimate Date Complete (EDC) adalah perkiraan selesainya waktu pelaksanaan proyek (Muchammad & Wicaksono, 2021)

$$\text{EDC} = (\text{Sisa waktu}/\text{SPI}) + \text{Waktu yang telah dilalui} \quad (11)$$

dengan,

EDC (Estimate Date Completion): Perkiraan penyelesaian waktu pekerjaan

SPI (Schedule Performance Index): Faktor efisiensi kinerja suatu pekerjaan

Biaya Proyek

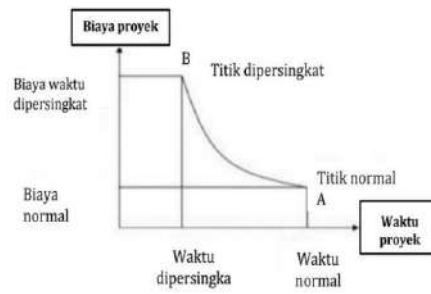
Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perkiraan perhitungan rincian biaya yang dikeluarkan pada setiap pekerjaan proyek. Biaya proyek terbagi terbagi menjadi dua yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung (Sugiyanto & Mt, 2021)

- a. Biaya langsung yaitu pembayaran yang dilakukan secara langsung pada setiap pekerjaan proyek dilapangan. Contoh biaya langsung yaitu biaya bahan/material, biaya upah, dan biaya peralatan.
- b. Biaya tidak langsung yaitu seluruh biaya proyek yang secara tidak langsung berhubungan dengan pekerjaan proyek dilapangan. Contoh biaya tidak langsung yaitu biaya overhead umum, overhead proyek, dan pajak.

Hubungan Antara Waktu dan Biaya Proyek

Waktu pelaksanaan proyek yang dipercepat melalui metode crashing akan berdampak pada biaya proyek yang mengalami kenaikan dari biaya normal yang telah direncanakan. Berikut adalah kurva hubungan antara waktu dan biaya proyek pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1. disimpulkan bahwa titik A menunjukkan titik normal dan titik B menunjukkan percepatan. Penyelesaian waktu proyek yang tidak sesuai dari waktu normal, maka proyek tersebut dapat dikatakan mengalami keterlambatan sehingga berdampak pada penambahan biaya proyek dan pemakaian tenaga kerja menjadi tidak efektif. Sebaliknya apabila waktu proyek dilakukan percepatan dengan pengurangan waktu proyek dari waktu normal, maka terdapat peningkatan biaya proyek sesuai dengan penambahan tenaga kerja.



Gambar 1. Hubungan Waktu dan Biaya Proyek (Armalisa et al., 2017)

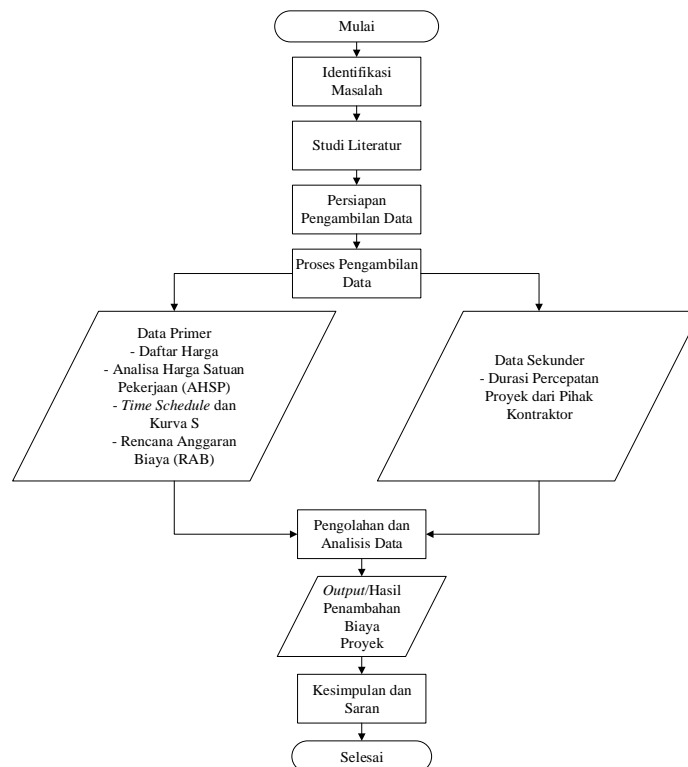
Alat Berat dan Tenaga Kerja Konstruksi

Tenaga kerja konstruksi merupakan individu yang memiliki keterampilan dalam melaksanakan pekerjaan konstruksi dari awal sampai selesai. Tenaga kerja terbagi menjadi dua macam yaitu pengawas bertugas untuk mengawasi dan mengarahkan pekerja dalam proses pelaksanaan dan pekerja merupakan tenaga kerja yang bertugas melaksanakan pekerjaan (Wijaya et al., 2015)

Alat berat konstruksi berfungsi untuk membantu dan mempermudah proses pelaksanaan pekerjaan konstruksi guna mempersingkat waktu. Pada penelitian ini menggunakan alat berat berupa excavator, dump truck, concrete mixer truck, asphalt distributor, compressor, power broom, wheel loader, asphalt finisher, tandem roller, pneumatic tyre roller, dan water tanker truck.

METODE PENELITIAN

Proses pengambilan data pada penelitian ini menggunakan 2 tahap yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang diambil berupa harga satuan, Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP), kurva S rencana dan aktual, time schedule rencana dan aktual. Data sekunder yang diambil berupa rekap durasi percepatan proyek yang diperoleh dari pihak kontraktor. Berikut merupakan flowchart tahapan penelitian:



Gambar 2. Flowchart Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian diawali dengan mengidentifikasi masalah yang terjadi pada proyek peningkatan jalan *hotmix* pada ruas jalan Bombay – Ad – Ohoiraut, Kabupaten Maluku Tenggara, Provinsi Maluku. Studi literatur dilakukan dengan mengkaji literatur dan penelitian terdahulu yang berhubungan dengan masalah yang terjadi. Persiapan data dilakukan dengan cara mengajukan surat kepada pihak kontraktor untuk mendapatkan izin pengambilan data dan menyiapkan wawancara untuk memperoleh informasi. Pengambilan data dilakukan dengan metode primer dan sekunder. Pengolahan data dilakukan dengan metode *crashing* untuk memperoleh penambahan biaya tenaga kerja, biaya alat berat, dan percepatan durasi pekerjaan. Selanjutnya dilakukan iterasi pada setiap pekerjaan kritis. Hasil yang didapatkan berupa besarnya penambahan biaya proyek dan percepatan waktu proyek dari metode *crashing* penambahan tenaga kerja dan alat berat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Critical Path Method (CPM)

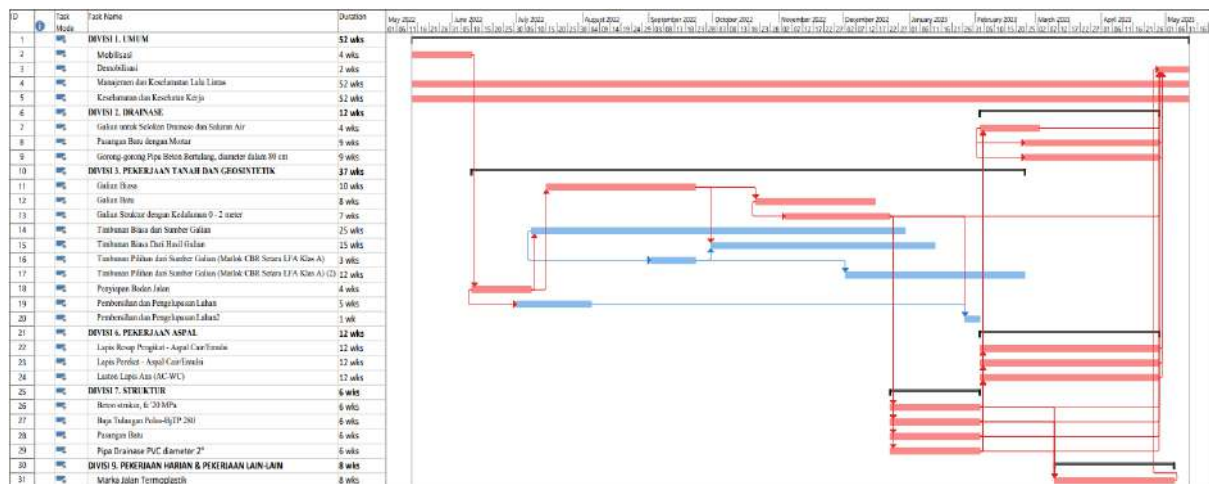
Pembuatan *critical path method* dilakukan untuk memperoleh pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis yang sedang berjalan untuk dilakukan *crashing* (Riska Anggraeni & Hartono, 2017). Berikut merupakan tabel pekerjaan-pekerjaan yang kritis dan non kritis beserta durasinya:

Tabel 1. Progres Rencana dan Aktual Proyek

Kode	Nama Pekerjaan	Durasi (minggu)	Prodesesor	Keterangan
DIVISI 1. UMUM				
A	Mobilisasi	4	-	Pekerjaan Kritis
B	Demobilisasi	2	Y	Pekerjaan Kritis
C	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	52	A	Pekerjaan Kritis
D	Keselamatan dan Kesehatan Kerja	52	C	Pekerjaan Kritis
DIVISI 2. DRAINASE				
E	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	4	J	Pekerjaan Kritis
F	Pasangan Batu dengan Mortar	9	X	Pekerjaan Kritis
G	Gorong-gorong Pipa Beton Bertulang, diameter dalam 80 cm	9	E	Pekerjaan Kritis
DIVISI 3. PEKERJAAN TANAH DAN GEOSINTETIK				
H	Galian Biasa	10	P	Pekerjaan Kritis
I	Galian Batu	8	H	Pekerjaan Kritis
J	Galian Struktur dengan Kedalaman 0 - 2 meter	7	I	Pekerjaan Kritis
K	Timbunan Biasa dari Sumber Galian	25	W	Pekerjaan Non Kritis
L	Timbunan Biasa Dari Hasil Galian	15	K	Pekerjaan Non Kritis
M	Timbunan Pilihan dari Sumber Galian (Matlok CBR Setara LFA Klas A)	3	L	Pekerjaan Non Kritis
N	Timbunan Pilihan dari Sumber Galian (Matlok CBR Setara LFA Klas A) (2)	12	M	Pekerjaan Non Kritis
O	Penyiapan Badan Jalan	4	Q	Pekerjaan Kritis
P	Pembersihan dan Pengelupasan Lahan	5	C & D	Pekerjaan Non Kritis
Q	Pembersihan dan Pengelupasan Lahan (2)	1	N	Pekerjaan Non Kritis
DIVISI 6. PEKERJAAN ASPAL				
R	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi	12	O	Pekerjaan Kritis
S	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi	12	R	Pekerjaan Kritis
T	Laston Lapis Aus (AC-WC)	12	S	Pekerjaan Kritis
DIVISI 7. PEKERJAAN STRUKTUR				
U	Beton struktur, fc'20 MPa	6	V	Pekerjaan Kritis
V	Baja Tulangan Polos-BjTP 280	6	N	Pekerjaan Kritis
W	Pasangan Batu	6	F	Pekerjaan Kritis
X	Pipa Drainase PVC diameter 2"	6	G	Pekerjaan Kritis
DIVISI 9. PEKERJAAN HARIAN DAN PEKERJAAN LAIN-LAIN				
Y	Marka Jalan Termoplastik	8	T	Pekerjaan Kritis

Pekerjaan pada penelitian ini terbagi menjadi 9 divisi yang terdiri dari pekerjaan umum dimana setiap pekerjaan kritis, pekerjaan drainase dimana masing-masing pekerjaan kritis, pekerjaan tanah dan geosintetik dimana pekerjaan galian biasa, galian batu, dan galian struktur dengan

kedalaman 0 - 2 meter termasuk kedalam pekerjaan kritis, pekerjaan aspal dan pekerjaan struktur dimana masing-masing pekerjaan kritis, dan pekerjaan harian dan pekerjaan lain-lain.



Gambar 3. Gantt Chart Rencana Pekerjaan Kritis dan Non Kritis

Pada Gambar 3. dapat disimpulkan bahwa progres dari proyek peningkatan jalan hotmix pada ruas jalan Bombay – Ad – Ohoiraut, Kabupaten Maluku Tenggara saat ini sebesar 31,65 % pada minggu ke-40 dimana seharusnya pada waktu rencana selesai diminggu ke-34 dengan progres yang seharusnya sudah tercapai sebesar 55,22 %. Pekerjaan kritis yang dilakukan crashing adalah pekerjaan yang mengalami keterlambatan dan yang belum dikerjakan per tanggal 16 Februari 2023. Pada Gambar 3. terdapat beberapa pekerjaan kritis yang sudah selesai seperti pekerjaan galian biasa, galian batu dan penyiapan badan jalan dan terdapat beberapa pekerjaan kritis yang tidak berpengaruh besar jika tidak dilakukan crashing seperti pekerjaan galian struktur kedalaman 0 - 2 meter, mobilisasi, pekerjaan manajemen dan keselamatan lalu lintas, keselamatan dan kesehatan kerja.

Schedule Performance Index (SPI)

Schedule performance index yang ditinjau pada minggu ke-40 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 SPI &= EV/PV \\
 &= (31,65\% \times 41.475.345.434,28) / (55,22\% \times 41.475.345.434,28) \\
 &= 0,57
 \end{aligned}$$

Hasil SPI pada penelitian ini diperoleh sebesar 0,57 yang menunjukkan bahwa proyek tersebut mengalami keterlambatan dari segi waktu.

Estimate Date Complete (EDC)

Estimate date complete yang ditinjau yaitu pada minggu ke-40 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 EDC &= (\text{Sisa waktu}/SPI) + \text{Waktu yang telah dilalui} \\
 &= (12/0,57) + 40 \\
 &= 61,05 \\
 &= 62 \text{ Minggu}
 \end{aligned}$$

Estimasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan-pekerjaan proyek adalah 62 minggu, dimana proyek tersebut mengalami keterlambatan 10 minggu dari waktu rencana yaitu 52 minggu.

Crashing

Crashing dilakukan pada pekerjaan-pekerjaan kritis yang sedang berjalan dan berpengaruh pada keseluruhan waktu proyek. Crashing dilakukan dengan beberapa kali iterasi sesuai dengan durasi

dari masing-masing pekerjaan kritis Berikut merupakan daftar pekerjaan-pekerjaan kritis yang dapat dilakukan *crashing*:

Tabel 2. Pekerjaan-pekerjaan Kritis yang Dapat Dilakukan *Crashing*

No.	Pekerjaan Kritis	Durasi (Minggu)
1	Pasangan Batu dengan Mortar	9
2	Gorong-gorong Pipa Beton Bertulang, diameter dalam 80 cm	9
3	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi	12
4	Lapis Perkat - Aspal Cair/Emulsi	12
5	Laston Lapis Aus (AC-WC)	12
6	Beton strukur, $f_c'20$ MPa	5
7	Baja Tulangan Polos-BjTP 280	5
8	Pasangan Batu	5
9	Pipa Drainase PVC diameter 2"	5
10	Marka Jalan Termoplastik	8

Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan dengan menggunakan metode *crashing* pada pekerjaan kritis yaitu pekerjaan baja tulangan polos-BjTP 280. Pekerjaan dilakukan sebanyak 3 kali iterasi untuk mendapatkan *crash duration*, *crash cost*, *crash cost*, dan *cost slope* tenaga kerja.

Tabel 3. Pekerjaan-pekerjaan Kritis yang Dapat Dilakukan *Crashing*

Alat dan Tenaga	Normal (Tn)	Crash (Tc)
Pekerja	7	5
Tukang	1	5
Mandor	1	0
Total	9	10

a. Menentukan *Crash Duration*

1. Menghitung produktivitas mingguan tenaga dan alat

Volume pekerjaan : 266,76 Kg

Total Tn= 9 (7 Pekerja + 1 Tukang + 1 Mandor)

Durasi normal = 6 minggu

$$\text{Produktivitas normal} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Durasi Normal}}$$

$$\text{Produktivitas normal} = \frac{266,76}{6} = 44,46 \text{ Kg/minggu}$$

2. Menghitung produktivitas mingguan tenaga dan alat

Tenaga kerja tambahan

$$\text{Total Tc} = 10 \text{ (5 Pekerja + 5 Tukang)}$$

$$\text{Produktivitas crashin} = \frac{\text{Produktivitas Normal (Total Tn + Total Tc)}}{\text{(Total Tn)}}$$

$$= \frac{44,46 (9 + 10)}{(9)}$$

$$= 93,86 \text{ Kg/minggu}$$

3. Menghitung crash duration

$$\begin{aligned} \text{Crash Duration} &= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Produktivitas Crashing}} \\ &= \frac{266,76}{93,86} \\ &= 3 \text{ Minggu} \end{aligned}$$

2. Menghitung *crash cost*

1. Menghitung upah kerja per minggu

Upah kerja per minggu = Harga upah per jam × jam kerja × 7 hari
 Pekerja = Rp 27.436,05 × 8 jam × 7 hari = Rp 1.536.418,8
 Tukang = Rp 28.407,60 × 8 jam × 7 hari = Rp 1.590.825,6
 Mandor = Rp 33.072,84 × 8 jam × 7 hari = Rp 1.852.079,04

2. Menghitung biaya kebutuhan pekerjaan normal

Normal Cost Tenaga Kerja = Harga upah per minggu × jumlah pekerja normal
 Pekerja = Rp 1.536.418,8 × 7 = Rp 10.754.931,6
 Tukang = Rp 1.590.825,6 × 1 = Rp 1.590.825,6
 Mandor = Rp 1.852.079,04 × 1 = Rp 1.852.079,04
***Normal Cost* = Rp 14.197.836,24**

3. Menghitung *crash cost* tenaga kerja

Crash Cost Tenaga Kerja = Harga upah per minggu × (jumlah pekerja normal + jumlah penambahan tenaga kerja)
 Pekerja = Rp 1.536.418,8 × (7+5) = Rp 18.437.026
 Tukang = Rp 1.590.825,6 × (1+5) = Rp 9.544.954
 Mandor = Rp 1.852.079,04 × (1+0) = Rp 1.852.079,04
***Crash Cost* = Rp 29.834.058**

3. Menghitung Cost Slope

$$\begin{aligned} \text{Cost Slope} &= \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}} \\ \text{Cost Slope} &= \text{Rp } 5.212.074/\text{minggu} \end{aligned}$$

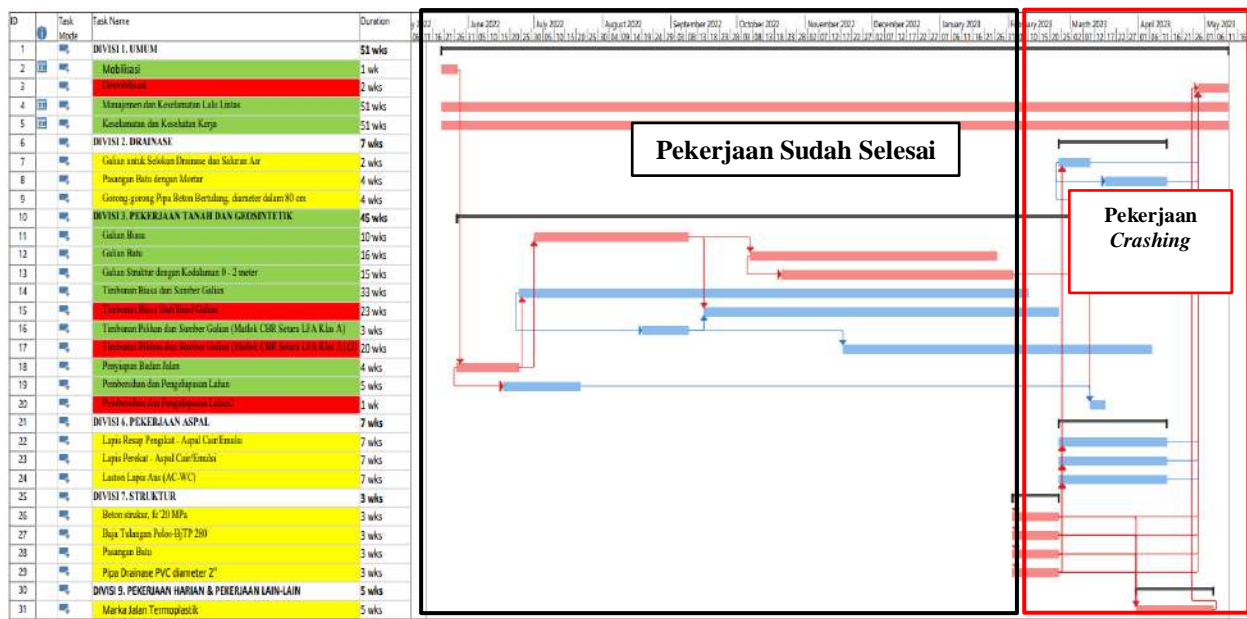
Rekapitulasi Normal Duration, Crash Duration, dan Percepatan

Pada perhitungan *normal duration*, *crash duration*, dan percepatan berfungsi untuk mengetahui durasi waktu pelaksanaan setiap pekerjaan kritis dan untuk menentukan pekerjaan mana yang dapat dilakukan percepatan. Berikut merupakan rekapitulasi pada seluruh pekerjaan kritis:

Berdasarkan Tabel 4. menunjukkan bahwa pada proses crashing yang sudah dilakukan pada pekerjaan drainase, pekerjaan aspal, pekerjaan struktur, dan pekerjaan harian dan lain-lain diperoleh total normal duration sebanyak 24 minggu, total crash duration sebesar 15 minggu, dan total percepatan sebesar 11 minggu. Total durasi keseluruhan untuk menyelesaikan proyek tersebut setelah dilakukan crashing selama 51 minggu, sehingga masih memenuhi durasi perencanaan 52 minggu. Berikut merupakan gambaran durasi waktu crashing dengan menggunakan Microsoft Project 2016:

Tabel 4. Durasi Waktu Pekerjaan Kritis dengan Metode Crashing

No	Pekerjaan	Normal Duration (Minggu)	Crash Duration (Minggu)	Percepatan (Minggu)
DIVISI 2. DRAINASE DAN DIVISI 6. PEKERJAAN ASPAL		12	7	5
1	Pasangan Batu dengan Mortar	9	4	5
2	Gorong-gorong Pipa Beton Bertulang, diameter dalam 80 cm	9	4	5
3	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi	12	7	5
4	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi	12	7	5
5	Laston Lapis Aus (AC-WC)	12	7	5
DIVISI 6. PEKERJAAN STRUKTUR		6	3	3
6	Beton Strukur, fc'20 MPa	6	3	3
7	Baja Tulangan Polos-BjTP 280	6	3	3
8	Pasangan Batu	6	3	3
9	Pipa Drainase PVC diameter 2"	6	3	3
DIVISI 9. PEKERJAAN HARIAN DAN PEKERJAAN LAIN-LAIN		8	5	3
10	Marka Jalan Termoplastik	8	5	3
Total		26	15	11



Gambar 4. Gantt Chart Hasil Crashing Pekerjaan

Berdasarkan Gambar 4. menunjukkan bahwa pekerjaan yang sudah selesai diberikan tanda hijau, pekerjaan non kritis yang sudah selesai diberikan tanda merah, dan pekerjaan kritis yang dilakukan *crashing* diberikan tanda kuning. Pada perhitungan pekerjaan jalur kritis dengan menggunakan *Microsoft Project 2016* dapat disimpulkan bahwa percepatan total waktu yang diperlukan untuk pekerjaan drainase dan pekerjaan aspal selama 5 minggu, pekerjaan struktur selama 3 minggu, dan pekerjaan harian dan lain-lain selama 3 minggu. Total percepatan waktu yang dibutuhkan untuk seluruh pekerjaan yaitu selama 11 minggu, dimana waktu estimasi sebelumnya terjadi selama 62 minggu, sehingga proyek dapat selesai di minggu 51.

Perencanaan *Crashing*

Pada perencanaan *crashing* terdapat kriteria-kriteria yang harus dipenuhi agar *crashing* yang dilakukan berjalan efektif seperti biaya termurah, tidak menambah durasi, dan kelompok

pekerjaan. Pada proyek ini kelompok pekerjaan yang memiliki durasi yang berakhir secara bersamaan adalah pekerjaan aspal dan pekerjaan drainase. Pada proyek ini *crashing* dilakukan dengan memilih durasi tercepat dan penambahan biaya termahal berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan. Hal tersebut bertujuan agar penyelesaian proyek tepat waktu walaupun menggunakan penambahan anggaran yang lebih mahal.

Perhitungan Total *Normal Cost*, *Crash Cost* dan *Cost Slope*

Crash cost merupakan biaya tambahan yang diperlukan dalam mempercepat waktu penyelesaian proyek konstruksi. Pada proyek ini perhitungan total *crash cost* menggunakan penambahan tenaga kerja dan alat berat. Perhitungan normal cost dijadikan acuan biaya. Berikut merupakan perhitungan total *normal cost*, *crash cost*, dan *cost slope* pada setiap pekerjaan kritis yang ditinjau:

Tabel 5. Pekerjaan-pekerjaan Kritis yang Dapat Dilakukan *Crashing*

No	Pekerjaan	Normal Cost	Crash Cost	Cost Slope
1	Pasangan Batu dengan Mortar	Rp 44.846.624	Rp 112.834.382	Rp 13.597.552
2	Gorong-gorong Pipa Beton Bertulang, diameter dalam 80 cm	Rp 21.988.744	Rp 50.079.537	Rp 5.618.159
3	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi	Rp 61.700.862	Rp 142.987.957	Rp 16.257.419
4	Lapis Perekat - Aspal Cair/Emulsi	Rp 72.937.996	Rp 176.699.361	Rp 20.752.273
5	Laston Lapis Aus (AC-WC)	Rp 481.781.206	Rp 1.022.164.362	Rp 108.076.631
6	Beton Strukur, fc'20 MPa	Rp 39.095.825	Rp 110.401.665	Rp 23.768.613
7	Baja Tulangan Polos-BjTP 280	Rp 14.197.836	Rp 29.834.058	Rp 5.212.074
8	Pasangan Batu	Rp 31.680.777	Rp 66.113.371	Rp 11.477.531
9	Pipa Drainase PVC diameter 2"	Rp 12.607.011	Rp 27.971.199	Rp 5.121.396
10	Marka Jalan Termoplastik	Rp 15.522.160	Rp 29.192.240	Rp 4.556.693
	Total	Rp 796.359.040	Rp 1.768.278.131	Rp 214.438.341
	Penambahan Biaya (Crash Cost – Normal Cost)		Rp 971.919.091	

Berdasarkan Tabel 5. didapatkan bahwa dengan percepatan durasi sebesar 11 minggu total *crash cost* tenaga kerja dan alat berat yang diperoleh biaya sebesar Rp 1.768.278.131, sedangkan diwaktu normal biaya yang diperoleh sebesar Rp 796.359.040. Penambahan biaya tenaga kerja dan alat berat yang diperoleh dari *crashing* pada proyek ini sebesar Rp 971.919.091. Pekerjaan-pekerjaan yang dipercepat antara lain Divisi 2 (Pekerjaan Drainase), Divisi 6 (Pekerjaan Aspal), Divisi 7 (Pekerjaan Struktur), dan Divisi 9 (Pekerjaan Harian Dan Pekerjaan Lain-lain). Pada penelitian ini menggunakan metode *earned value* untuk mengetahui biaya deviasi akibat keterlambatan proyek.

KESIMPULAN

1. Analisa hasil *crashing* yang dilakukan pada pekerjaan pekerjaan Divisi 2 (Pekerjaan Drainase), Divisi 6 (Pekerjaan Aspal), Divisi 7 (Pekerjaan Struktur), dan Divisi 9 (Pekerjaan Harian dan Pekerjaan Lain-lain) terjadi penambahan biaya sebesar Rp 971.919.09. Biaya normal untuk seluruh pekerjaan sebesar Rp 796.359.040 dan setelah dilakukan *crashing* menjadi Rp 1.768.278.131. Hasil perhitungan waktu dengan menggunakan metode *crashing* didapatkan bahwa terjadi percepatan waktu penyelesaian proyek selama 10 minggu, dimana estimasi durasi normal penyelesaian terjadi pada minggu ke-62 melalui proses *crashing* penyelesaian proyek menjadi minggu ke-51.

Daftar Pustaka

- Armalisa, A., Triana, D., Meassa, D., & Sari, M. (2017). METODE CRASHING TERHADAP PENAMBAHAN JAM KERJA OPTIMUM PADA PROYEK KONSTRUKSI.
- Hadi, A. K., Musa, R., & Kastella, A. H. (2020). ANALISA PENGENDALIAN BIAYA PELAKSANAAN PEMBANGUNAN JALAN HOTMIX HRS DI KOTA OHITEL, TUAL PROVINSI MALUKU. Abdul Halil Kastella, 3. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/HPYUC>
- Messah, Y. A., Penambahan, P., Kerja, W., Penambahan, D., Kerja Terhadap Biaya, T., Proyek, P., Messah, Y. A., Berelaku, D. C. S., & Ramang, R. (2023). PERBANDINGAN PENAMBAHAN WAKTU KERJA DAN PENAMBAHAN TENAGA KERJA TERHADAP BIAYA PELAKSANAAN PROYEK. In *Jurnal Teknik Sipil* (Vol. 12, Issue 2).
- Muchammad, R., & Wicaksono, B. (2021). Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil ANALISIS KINERJA BIAYA DAN WAKTU MENGGUNAKAN METODE EARNED VALUE PADA PROYEK PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR LABORATORIUM TRADISIONAL FOOD GMP FACILITY (PAKET 3). 3(1).
- Nardiansyah, A., Widi, D., & Intansari, A. (2022). Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Crashing pada Proyek Pembangunan Jalan Simp. 4 Kaliorang-Talisayan Kalimantan Timur (Vol. 04).
- Oetomo, W., Priyoto, & Uhad. (2017). ANALISIS WAKTU DAN BIAYA DENGAN METODE CRASH DURATION PADA KETERLAMBATAN PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN SEI HANYU KABUPATEN KAPUAS (Vol. 6, Issue 1).
- Priyo Mandiyo, & Zhafira Talitha. (2017). Penerapan Metode “Earn Value” Dan “Project Crashing” Pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Pembangunan Gedung IGD RSUD Sunan Kalijaga, Demak (The Application Of Earn Value Methode And Project Crashing Of Project Crashing: Case Study Construction Building Of Igd Rsud Sunan Kalijaga, Demak) (Vol. 20, Issue 1).
- Riska Anggraeni, E., & Hartono, W. (2017). ANALISIS PERCEPATAN PROYEK MENGGUNAKAN METODE CRASHING DENGAN PENAMBAHAN TENAGA KERJA DAN SHIFT KERJA (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha, Yogyakarta).
- Rizal, A. H., Faktor-Faktor, A., Perbedaan, P., Antara Perencana, W., Realisasi, D., Lapangan, D., Konstruksi, P., Rizal, A. H., Manek, P. K., & Bella, R. A. (2023). ANALISIS FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB PERBEDAAN WAKTU ANTARA PERENCANAAN DAN REALISASI DI LAPANGAN PADA PROYEK KONSTRUKSI. In *Jurnal Teknik Sipil* (Vol. 12, Issue 2).
- Rizal, A. H., & Nisnoni, D. B. A. (2020). PERBANDINGAN PRODUKTIVITAS TENAGA KERJA TUKANG BATU ANTARA METODE LAPANGAN TERHADAP PERMEN PUPR TAHUN 2016. In *Jurnal Teknik Sipil: Vol. IX* (Issue 2).
- Rosanti, N., Setiawan, E., & Ayuningtyas, A. (2016). PENGGUNAAN METODE JALUR KRITIS PADA MANAJEMEN PROYEK (STUDI KASUS: PT. TREND COMMUNICATIONS INTERNATIONAL). In *Januari* (Vol. 8, Issue 1).
- Sandrini Salasa, B., Sari, D. P., Sudibyoy, A., Nur, A. R., Teknik Sipil, J., & Negeri Samarinda, P. (2023). OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA PELAKSANAAN PROYEK JALAN DENGAN METODE CRASH PROGRAM (STUDI KASUS:

PEMELIHARAAN JALAN KECAMATAN TENGGARONG SEBERANG DAN TENGGARONG).

- Subakir, A. H., & Sugiyanto, S. (2022). ANALISIS DURATION COST TRADE OFF UNTUK MENGEJAR KETERLAMBATAN PELAKSANAAN PROYEK (STUDI KASUS: PENINGKATAN JALAN SIMOREJO-BAURENO KABUPATEN BOJONEGORO JAWA TIMUR). *Rang Teknik Journal*, 5(1), 8–23. <https://doi.org/10.31869/rtj.v5i1.2705>
- Sugiyanto, O. I., & Mt, M. (2021). MANAJEMEN PROYEK KONSTRUKSI DAN TEKNIK PENGENDALIAN PROYEK. www.ciptapublishing.com
- Wijaya, A., Arpan, B., & Mulyani, E. (2015). EFEKTIFITAS TENAGA KERJA PADA PROYEK BANGUNAN.

