

ANALISIS BIAYA PELAKSANAAN PROYEK DENGAN METODE CRASHING PADA PENINGKATAN JALAN ANDONGREJO-BANDIALET KABUPATEN JEMBER

Lukman Ardianto, Esti Wulandari, Budi Witjaksana

Master of Civil Engineering Study Program, Faculty of Engineering, University of August 17, 1945 Surabaya

*Email: lukman040998@gmail.com, wulandariesti@untag-sby.ac.id, budiwitjaksana@untag-sby.ac.id

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Keywords: <i>crashing method,</i>	Pengendalian proyek kontruksi merupakan suatu kegiatan atau usaha yang sistematis untuk menentukan standar yang sesuai dengan tujuan perencanaan. Salah satu cara untuk mempercepat durasi proyek dalam istilah asingnya adalah crashing. proses crashing adalah dengan mereduksi durasi suatu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek, sistematis dan analitis dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. Metode: Penelitian ini termasuk dalam metode penelitian deskriptif yang berarti suatu metode yang digunakan untuk mengumpulkan informasi mengenai status gejala yang ada, yaitu keadaan gejala menurut apa adanya pada saat penelitian dilakukan dan untuk menggambarkan atau menganalisis suatu hasil penelitian. pengumpulan data dengan dokumentasi. Dokumen bisa berupa tulisan, gambar, atau karya dari seorang. Hasil dan pembahasan: Biaya total proyek dengan penambahan waktu kerja cenderung menurun secara signifikan seiring meningkatnya tingkat kompresi (reduksi durasi proyek). Sebaliknya, biaya dengan penambahan tenaga kerja justru menunjukkan kenaikan kecil namun konsisten, menandakan metode ini kurang efisien secara biaya. Biaya proyek paling optimum terjadi pada alternatif penambahan waktu kerja. Kesimpulan: Metode crashing efektif menekan risiko denda dan biaya tak langsung, tetapi pemilihan alternatif harus mempertimbangkan keseimbangan antara produktivitas dan biaya marjinal (<i>cost-time trade-off</i>). Untuk proyek sejenis, penambahan jam kerja terbukti lebih <i>cost-effective</i> dibanding sekadar menambah jumlah pekerja.

INTRODUCTION

Pengendalian proyek kontruksi merupakan suatu kegiatan atau usaha yang sistematis untuk menentukan standar yang sesuai dengan tujuan perencanaan, membandingkan pelaksanaan dengan perencanaan, menganalisis kemungkinan adanya penyimpangan antara pelaksanaan dengan perencanaan, serta melakukan koreksi yang diperlukan agar biaya, sumber daya dan waktu dapat digunakan secara efektif dan efisien dalam rangka mencapai tujuan proyek kontruksi yang diinginkan. Sehingga dengan pengendalian, penyimpangan proyek kontruksi dapat ditekan dan kerugian yang ditimbulkan dapat ditekan pula.

Pelaksanaan pekerjaan proyek PEMBANGUNAN PENINGKATAN JALAN ANDONGREJO – BANDIALET KABUPATEN JEMBER dan sebagai Kontraktor Pelaksana adalah PT. RAJENDRA PRATAMA JAYA dengan nilai kontrak Rp 14.050.000.000- (Empat Belas Milyar Lima Puluh Juta Rupiah) dan dilaksanakan dalam jangka waktu 181 hari. Dalam pelaksanaan pekerjaan proyek Pembangunan PENINGKATAN JALAN ANDONGREJO – BANDIALET KABUPATEN JEMBER ini terjadi kendala dikarenakan pengaruh Cuaca dan hal teknis lainnya, sehingga mempengaruhi kinerja waktu maupun kinerja biaya dari PT. RAJENDRA PRATAMA JAYA selaku kontraktor pelaksana.

Waktu dan biaya sangat berpengaruh terhadap keberhasilan dan kegagalan suatu proyek. Tolak ukur keberhasilan proyek biasanya dilihat dari waktu penyelesaian yang singkat dengan biaya yang minimal tanpa meninggalkan mutu hasil pekerjaan. Pengelola proyek secara sistematis diperlukan untuk memastikan biaya yang dikeluarkan bisa memberi keuntungan, dan juga menghindari dari adanya denda akibat keterlambatan penyelesaian proyek. Penelitian ini bermaksud mengendalikan waktu dan biaya yang mengalami keterlambatan waktu pada pekerjaan Rekonstruksi/Peningkatan struktur jalan Andongrejo Bandialit Jember dengan menerapkan metode crashing dan memperoleh durasi dan biaya optimum pada pekerjaan yang di crashing.

Dalam penyusunan schedule suatu proyek konstruksi biasanya tidak langsung dihasilkan suatu schedule yang ideal, salah satu tujuan penyusunan schedule adalah menghasilkan schedule yang realistis berdasarkan estimasi yang wajar. Schedule yang dihasilkan harus mudah dimodifikasi dalam mencapai tujuan utamanya, yaitu merencanakan schedule pekerjaan agar durasi suatu pekerjaan sesuai dengan waktu yang ditetapkan oleh pemilik proyek (Ervianto, 2024). Salah satu cara untuk mempercepat durasi proyek dalam istilah asingnya adalah crashing. Terminologi proses crashing adalah dengan mereduksi durasi suatu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek. Crashing adalah suatu proses yang disengaja, sistematis dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. Proses crashing dengan cara melakukan perkiraan dari variable cost dalam menentukan pengurangan durasi yang maksimal dan paling ekonomis dari suatu kegiatan yang masih mungkin untuk direduksi. Proses ini kelihatannya sederhana, tetapi pada kenyataannya sangat kompleks. Ada berbagai cara untuk mereuksi durasi dari suatu proyek dan banyak kombinasi dari durasi kegiatan dan biaya yang harus diperhatikan dalam menganalisis secara detail (Ervianto, 2004).

Untuk menganalisis lebih lanjut hubungan antara biaya dengan waktu suatu kegiatan, dipakai beberapa istilah yaitu: kurun waktu normal /Normal Duration (ND), kurun waktu dipersingkat/Crash Duration (CD), biaya normal/Normal Cost (NC), dan biaya untuk waktu dipersingkat/Crash Cost (CC). Berikut adalah grafik hubungan waktu-biaya normal dan dipersingkat untuk suatu kegiatan.

METHOD

Penelitian ini hanya meninjau lingkup pekerjaan proyek Peningkatan Jalan Andongrejo – Bandialet Kabupaten Jember. Penelitian ini memerlukan data proyek, yaitu Time Schedule, Daftar Kualitas dan Harga (DKDH), dan laporan mingguan dan harian proyek. Waktu penelitian ini dilakukan selama 30 hari (4 minggu), sudah termasuk dalam pengembalian data dan pengolahan data. Metode penelitian memberikan Gambaran rancangan penelitian yang meliputi antara lain: prosedur dan Langkah-langkah yang harus ditempuh, waktu penelitian, sumber data, dan dengan langkah apa data-data tersebut diperoleh dan dan selanjutnya diolah dan dianalisis.

Ada beberapa penelitian yaitu: metode historis, metode deskriptif, metod korelasional, metode eksperimental, dan metode kuasi eksperimental. Penelitian ini termasuk dalam metode penelitian deskriptif yang berarti suatu metode yang digunakan untuk mengumpulkan informasi mengenai status gejala yang ada, yaitu keadaan gejala menurut apa adanya pada saat penelitian dilakukan dan untuk menggambarkan atau menganalisis suatu hasil penelitian.

Langkah-langkah Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Menghitung keterlambatan
2. Membuat hubungan antar kegiatan
3. Membuat network diagram menggunakan Microsoft Project 2016 dan akan memperoleh lintasan kritis.
4. Menghitung produktifitas harian normal Untuk produktivitas harian
5. Menghitung crash duration, crash cost, dan cost slope.
6. Crashing dilakukan pada kegiatan lintasan kritis yang mengalami keterlambatan dimulai dari cost slope yang terkecil.
7. Setelah dilakukan crashing maka didapatkan output berupa percepatan waktu dan biaya proyek Yang baru.

RESULTS AND DISCUSSION

1.1. Biaya Proyek

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi, biaya proyek terdiri atas beberapa komponen utama yang dikelompokkan ke dalam biaya langsung dan biaya tidak langsung. Pengelompokan ini penting untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai alokasi anggaran dan untuk menganalisis efisiensi pelaksanaan proyek, terutama dalam kaitannya dengan pengendalian biaya dan waktu.

1.1.1. Biaya Langsung

Biaya langsung merupakan seluruh biaya yang secara langsung berkaitan dengan kegiatan fisik proyek. Biaya ini mencakup elemen-elemen berikut:

1. Biaya Tenaga Kerja Langsung: Upah pekerja harian, mandor, operator alat berat, dan tenaga terampil lainnya yang terlibat dalam pelaksanaan langsung pekerjaan konstruksi.

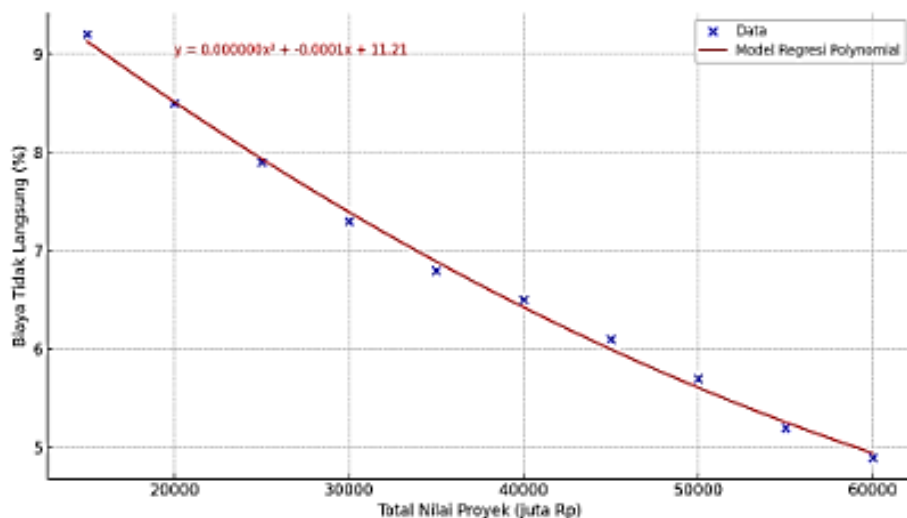
2. Biaya Material dan Bahan Bangunan: Biaya pembelian bahan seperti aspal, beton, pasir, kerikil, semen, besi tulangan, dan bahan konstruksi lainnya.
3. Biaya Peralatan dan Sewa Alat: Termasuk penggunaan dan mobilisasi alat berat seperti excavator, grader, dan alat pemadat.
4. Biaya Transportasi Bahan: Pengangkutan bahan bangunan dari lokasi penyimpanan ke lokasi pekerjaan.
5. Biaya Pelaksanaan Tiap Item Pekerjaan: Mengacu pada struktur Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk masing-masing volume dan harga satuan.

Pada proyek Peningkatan Jalan Andongrejo – Bandialet, biaya langsung merupakan komponen terbesar dari keseluruhan biaya proyek. Hal ini disebabkan oleh banyaknya pekerjaan fisik yang melibatkan penggalian, pengaspalan, serta perbaikan struktur jalan, yang secara intensif membutuhkan tenaga kerja, bahan material, serta peralatan berat.

1.1.2. Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung mencakup biaya yang tidak secara langsung terlibat dalam pelaksanaan fisik proyek, namun tetap diperlukan untuk mendukung kelancaran operasional proyek. Biaya ini antara lain meliputi:

1. Biaya Administrasi Proyek: Gaji staf administrasi, ATK, sewa kantor lapangan, dan biaya dokumentasi.
2. Biaya Umum dan Overhead: Termasuk utilitas proyek (listrik, air), komunikasi, dan biaya manajemen proyek oleh kontraktor pelaksana.
3. Biaya Konsultan dan Pengawasan: Honorarium tim pengawas atau konsultan supervisi yang memantau mutu dan progres proyek.
4. Biaya Keamanan dan Keselamatan Kerja: Termasuk alat pelindung diri (APD), pelatihan K3, serta penjagaan di lokasi proyek.



Gambar 1. Model Hubungan biaya Tidak Langsung Terhadap Nilai Total Proyek
(Sumber : Hasil Peneliti 2025)

Berdasarkan grafik hubungan antara total nilai proyek dengan persentase biaya tidak langsung, dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai proyek, maka persentase biaya tidak langsung cenderung menurun. Hal ini menunjukkan adanya efisiensi skala dalam pelaksanaan proyek besar, di mana biaya tetap seperti administrasi dan manajemen proyek tidak meningkat secara proporsional terhadap total nilai proyek. Dengan demikian, biaya langsung menjadi komponen utama dan dominan dalam struktur biaya keseluruhan, mencerminkan bahwa sebagian besar anggaran proyek dialokasikan langsung pada aktivitas fisik pembangunan.

1.2. Perhitungan Cost Slope

Dalam perencanaan percepatan proyek, diperlukan analisis biaya tambahan yang diperlukan untuk mengurangi durasi penyelesaian suatu kegiatan. Metode yang digunakan untuk menghitung besarnya biaya tambahan tersebut adalah Cost Slope. Cost Slope merupakan besarnya penambahan biaya langsung per satuan

waktu yang dibutuhkan untuk mempercepat durasi kegiatan tertentu. Dengan mengetahui nilai Cost Slope dari setiap kegiatan, maka dapat dipilih kegiatan-kegiatan yang paling efisien untuk dipercepat dari sisi biaya.

1. Penambahan Tenaga Kerja

Perhitungan Cost Slope untuk penambahan tenaga kerja dapat dilihat pada uraian sebagai berikut ini :

a. Pekerjaan: Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan

1) Lapis Pondasi Agregat Kelas S

a) $\text{Volume} = 1200,00 \text{ m}^3$

b) $\text{Normal durasi} = 21 \text{ hari}$

c) $\text{Biaya satuan material per m}^3 = \text{Rp. } 528.829,56$

d) $\text{Biaya satuan upah per m}^3 = \text{Rp. } 727,25$

e) $\text{Produktivitas harian} = 57,143 \text{ m}^3/\text{hari}$

f) $\text{Kebutuhan jumlah pekerja} = 3 \text{ orang/hari}$

g) Biaya normal upah

$= \text{Volume} \times \text{biaya satuan upah per m}^3$

$= 1200,00 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 727,25$

$= \text{Rp. } 872.702,12$

h) $\text{Biaya upah dan bahan}$

$= \text{Biaya normal upah} + (\text{Volume} \times \text{biaya satuan material per m}^3)$

$= \text{Rp. } 872.702,12 + (1200 \times \text{Rp. } 528.829,56)$

$= \text{Rp. } 635.468.177,45$

i) Biaya harian

$= \text{Biaya normal upah} / \text{Normal durasi}$

$= \text{Rp. } 872.702,12 / 21$

$= \text{Rp. } 41.557,24$

j) Biaya per pekerja

$= \text{Biaya harian} / \text{Jumlah pekerja}$

$= \text{Rp. } 41.557,24 / 3$

$= \text{Rp. } 13.852,41$

k) $\text{Produktivitas Harian per Pekerja}$

$= \text{Produktivitas harian} / \text{Jumlah pekerja}$

$= 57,143 \text{ m}^3/\text{hari} / 3$

$= 19,05 \text{ m}^3/\text{orang/hari}$

l) $\text{Produktivitas Harian Crash (setelah penambahan 1 pekerja)}$

$= 19,05 \times (3 + 1) = 76,19 \text{ m}^3/\text{hari}$

m) Crash Duration

$= \text{Volume} / \text{Produktivitas crash}$

$= 1200 / 76,19 \approx 15,75 \text{ hari (dibulatkan ke atas: 16 hari)}$

n) Biaya Tambahan

$= \text{Biaya per pekerja} \times \text{Tambahan pekerja}$

$= \text{Rp. } 13.852,41 \times 1$

$= \text{Rp. } 13.852,41$

o) Crash Cost Upah

$= (\text{Biaya harian} + \text{biaya tambahan}) \times \text{Crash duration}$

$= (\text{Rp. } 41.557,24 + \text{Rp. } 13.852,41) \times 16$

$= \text{Rp. } 55.409,65 \times 16$

$= \text{Rp. } 886.554,4$

p) $\text{Crash Cost Upah dan Bahan}$

$= \text{Crash cost upah} + (\text{Volume} \times \text{Biaya satuan material per m}^3)$

$= \text{Rp. } 886.554,4 + (1200 \times \text{Rp. } 528.829,56)$

$= \text{Rp. } 886.554,4 + \text{Rp. } 634.595.472$

$= \text{Rp. } 635.482.026,4$

q) Cost Slope

$= (\text{Biaya crash} - \text{Biaya normal}) / (\text{Durasi normal} - \text{Crash duration})$

$= (\text{Rp. } 635.482.026,4 - \text{Rp. } 635.468.177,45) / (21 - 16)$

$= \text{Rp. } 13.848,95 / 5$

$= \text{Rp. } 2.769,79 \text{ per hari}$

Maka :

Normal durasi = 21 hari

Normal cost = Rp. 635.468.177,45

Crash durasi = 16 hari

Crash cost = Rp. 635.482.026,4

$$\text{Cost slope} = \frac{\text{Crash cost} - \text{Normal cost}}{\text{Normal durasi} - \text{Crash durasi}} = \frac{\text{Rp.635.482.026,4} - \text{Rp.635.468.177,45}}{21 - 16} \\ = \frac{\text{Rp.13.848,95}}{5} = \text{Rp.2.769,79/hari}$$

Tabel 1. Perhitungan Cost Slope Tiap Aktivitas

No	Uraian Pekerjaan	Volume	Durasi Normal (hari)	Durasi Crash (hari)	Biaya Normal (Rp)	Biaya Crash (Rp)	Cost Slope (Rp/hari)
1	Pekerjaan Persiapan	1,00 LS	4	3	10.000.000	12.000.000	1.000.000
2	Mobilisasi dan Demobilisasi Alat Berat	1,00 LS	4	3	15.000.000	18.000.000	1.500.000
3	Pembersihan Lahan	4.000 m ²	28	22	60.000.000	70.000.000	1.666.667
4	Pengukuran	1,00 LS	4	3	8.000.000	9.500.000	1.500.000
5	Direksi Keet	1,00 LS	4	3	12.000.000	13.500.000	1.500.000
6	Gudang Material	1,00 LS	4	3	10.000.000	11.500.000	1.500.000
7	Pemasangan Jaringan Air Bersih	1,00 LS	4	3	9.000.000	10.500.000	1.500.000
8	Pemasangan Jaringan Listrik Sementara	1,00 LS	4	3	10.000.000	11.000.000	1.000.000
9	Pekerjaan Penutupan dan Pembersihan	1,00 LS	2	1	5.000.000	6.500.000	1.500.000
10	Galian Tanah Biasa	2.550,00 m ³	28	20	120.000.000	135.000.000	1.875.000
11	Timbunan Pilihan	3.375,00 m ³	28	20	150.000.000	170.000.000	2.500.000
12	Timbunan Biasa	1.870,00 m ³	28	22	110.000.000	122.000.000	2.000.000
13	Timbunan Biasa dari Galian	1.875,00 m ³	28	22	112.000.000	124.000.000	2.000.000
14	Galian Batu dengan Jack Hammer	187,50 m ³	4	3	30.000.000	33.000.000	3.000.000
15	Timbunan Pilihan dari Galian	1.125,00 m ³	12	9	55.000.000	60.000.000	1.666.667
16	Pasangan Batu Kali	942,85 m ³	28	22	90.000.000	105.000.000	2.500.000
17	Pasangan Pasir Urug	542,85 m ³	28	22	60.000.000	72.000.000	2.000.000
18	Lantai Kerja Beton FC'10	64,29 m ³	4	3	18.000.000	20.000.000	2.000.000
19	Pondasi Beton FC'15	91,07 m ³	4	3	22.000.000	24.500.000	2.500.000
20	Pondasi Beton FC'20	45,54 m ³	4	3	11.000.000	12.500.000	1.500.000
21	Pekerjaan Beton Siklop FC'10	91,07 m ³	4	3	23.000.000	25.500.000	2.500.000
22	Bekisting Pondasi	548,21 m ²	4	3	20.000.000	23.000.000	3.000.000
23	Tulangan Pondasi	16,96 ton	4	3	45.000.000	48.000.000	3.000.000
24	Pasangan Batu Kosong	1,00 LS	2	1	5.000.000	6.500.000	1.500.000
25	Pemeliharaan dan Kebersihan Proyek	1,00 LS	2	1	4.000.000	5.000.000	1.000.000

(Sumber : Hasil Peneliti 2025)

1.3. Analisis Crashing

Dalam menganalisis hubungan antara biaya dan waktu diperlukan peninjauan terhadap masing-masing aktivitas terutama pada jalur lintasan kritis yang memegang peranan penting dalam menentukan keberhasilan dan ketepatan waktu proyek. Dengan cara melakukan pengurangan durasi atau waktu pada aktivitas-aktivitas yang melalui jalur lintasan kritis dan nantinya akan dapat dilihat pada pengurangan terhadap waktu total proyek. Pengurangan durasi hanya biasa dilakukan pada lintasan kritis, karena apabila pengurangan durasi atau perpendekan waktu yang dilakukan pada aktivitas-aktivitas yang tidak berada pada lintasan kritis, maka waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan tidak akan banyak berkurang. Durasi kontrak proyek adalah 222 hari kalender dengan nilai kontrak proyek sebesar Rp. 14.050.000.000,00. Keterlambatan berdasarkan deviasi fisik realisasi sebesar 15,713%, atau setara dengan:

$$15,713\% \times 222 \text{ hari} = 34,88 \approx 35 \text{ hari keterlambatan}$$

Maka dilakukan analisis proses perhitungan dampak keterlambatan proyek sebagai berikut:

1. Tahap Keterlambatan :

Durasi normal proyek = 222 hari

Durasi keterlambatan = 35 hari

Denda keterlambatan :

- 35 hari $\times (1/1000) \times \text{Rp.14.050.000.000,00} - (\text{Rp.491.750.000,00})$

a) Biaya Tak Langsung

Asumsi biaya tak langsung = 15% dari nilai proyek :

-15% $\times \text{Rp.14.050.000.000,00} - (\text{Rp.2.107.500.000,00})$

Biaya tak langsung per hari (durasi normal 222 hari) :

- $\text{Rp.2.107.500.000,00} \div 222 - \text{Rp.9.495.495,50}$

Durasi setelah keterlambatan : 222 + 35 : 257 hari

Total biaya tak langsung : $257 \times \text{Rp.9.495.495,50} = (\text{Rp.2.440.353.318,50})$

b) Biaya Langsung

Biaya langsung = nilai proyek – biaya tak langsung :

= $\text{Rp.14.050.000.000,00} - \text{Rp.2.107.500.000,00} = (\text{Rp.11.942.500.000,00})$

c) Total Biaya Proyek (Jika Tidak Dipercepat/Crashing)

Total biaya = Biayalangsung + Biayataklangsung + Dendaketerlambatan =

$\text{Rp.11.942.500.000,00} + \text{Rp.2.440.353.318,50} + \text{Rp.491.750.000,00} =$

$(\text{Rp.14.874.603.318,50})$

2. Tahap 1 (Penambahan Tenaga Kerja)

Item pekerjaan = Lapis Pondasi Agregat Kelas S

Durasi normal = 21 hari

Crash durasi = 16 hari

Total crash = 5 hari

Total durasi proyek = 21 hari (sesuaikan dengan total proyek bila diperlukan)

Biaya normal :

= Biaya normal upah + (Volume $\times$ Biaya satuan material)

= $\text{Rp. 872.702,12} + (1200 \times \text{Rp. 528.829,56})$

= $\text{Rp. 872.702,12} + \text{Rp. 634.595.475,00}$

= $\text{Rp. 635.468.177,45}$

Crash cost :

= Biaya crash upah + (Volume $\times$ Biaya satuan material)

= $\text{Rp. 886.554,40} + \text{Rp. 634.595.472,00}$

= $\text{Rp. 635.482.026,40}$

Cost Slope :

= $(\text{Crash cost} - \text{Biaya normal}) / (\text{Durasi normal} - \text{Crash durasi})$

= $(\text{Rp. 635.482.026,40} - \text{Rp. 635.468.177,45}) / (21 - 16)$

= $\text{Rp. 13.848,95} / 5$

= Rp. 2.769,79 per hari

Kumulatif total biaya = Biaya crash = ($\text{Rp. 635.482.026,402}$)

3. Tahap 1 (Penambahan Waktu Kerja)

Item pekerjaan = Lapis Pondasi Agregat Kelas S

Durasi normal = 21 hari

Crash durasi = 16 hari

Total crash = 5 hari

Kumulatif total crash = 5 hari

Total durasi proyek = (215 – 5 jika mengikuti proyek utama)

Denda keterlambatan = $(30 \text{ hari} \times 1/1000) \times \text{Rp. 635.468.177,45}$

= $0,03 \times \text{Rp. 635.468.177,45}$

= Rp. 19.064.045,32

Biaya tambahan

= Cost Slope $\times$ Crash duration

= $\text{Rp. 2.769,79} \times 5 \text{ hari}$

= Rp. 13.848,95

Kumulatif tambahan biaya = Rp. 13.848,95

Biaya langsung

= Biaya langsung normal + Kumulatif tambahan biaya
 = Rp. 635.468.177,45 + Rp. 13.848,95
 = Rp. 635.482.026,40

Biaya Tidak Langsung (Indirect Cost) :

Biaya tidak langsung = $10\% \times \text{Biaya langsung} = 0,10 \times \text{Rp. 635.482.026,40} = \text{Rp. 63.548.202,64}$

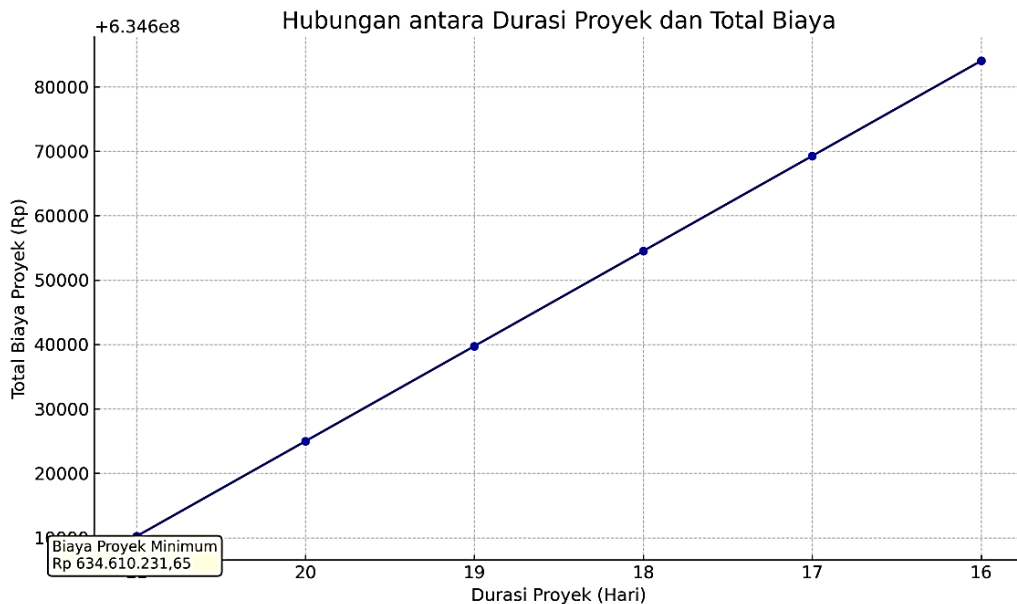
Total Cost : Total Cost = Biaya langsung + Biaya tidak langsung = $\text{Rp. 635.482.026,40} + \text{Rp. 63.548.202,64} = \text{Rp. 699.030.229,04}$.

Tabel 2. Perhitungan Perubahan Durasi dan Biaya Akibat Crashing untuk Penambahan Tenaga Kerja

Durasi (hari)	Crash Activity	Total Cost Slope (Rp)	Biaya Tak Langsung (Rp)	Biaya Penambahan Tenaga Kerja (Rp)	Biaya Total (Rp)
21	-	-	180.141.655,56	0	634.595.472,00
20	Divisi 6.2	2.769,79	171.364.800,00	13.852,41	634.610.231,65
19	Divisi 6.1	2.769,79	162.588.944,44	27.704,83	634.624.991,30
18	Divisi 6.4	2.769,79	153.813.088,89	41.557,24	634.639.750,95
17	Divisi 6.3	2.769,79	145.037.233,33	55.409,65	634.654.510,60
16	Divisi 8.1	2.769,79	136.261.377,78	69.262,06	634.669.270,25

(Sumber : Hasil Peneliti 2025)

Dari tabel diatas kita bisa mencatat Biaya tak langsung dihitung proporsional berdasarkan durasi (semakin pendek durasi, semakin kecil biaya tak langsung). Total cost slope mengacu pada penambahan biaya akibat penambahan tenaga kerja per hari percepatan (Rp2.769,79/hari). Biaya total adalah penjumlahan dari biaya bahan tetap (Rp634.595.472,00) + biaya penambahan tenaga kerja + biaya tak langsung.



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Durasi Proyek Dan Total Biaya
 (Sumber : Hasil Peneliti 2025)

Grafik tersebut menunjukkan hubungan antara durasi proyek (dalam hari) dan total biaya proyek (dalam Rupiah), di mana terlihat bahwa semakin pendek durasi proyek, total biaya cenderung meningkat. Hal ini menunjukkan adanya biaya tambahan akibat percepatan pekerjaan, seperti penambahan tenaga kerja atau

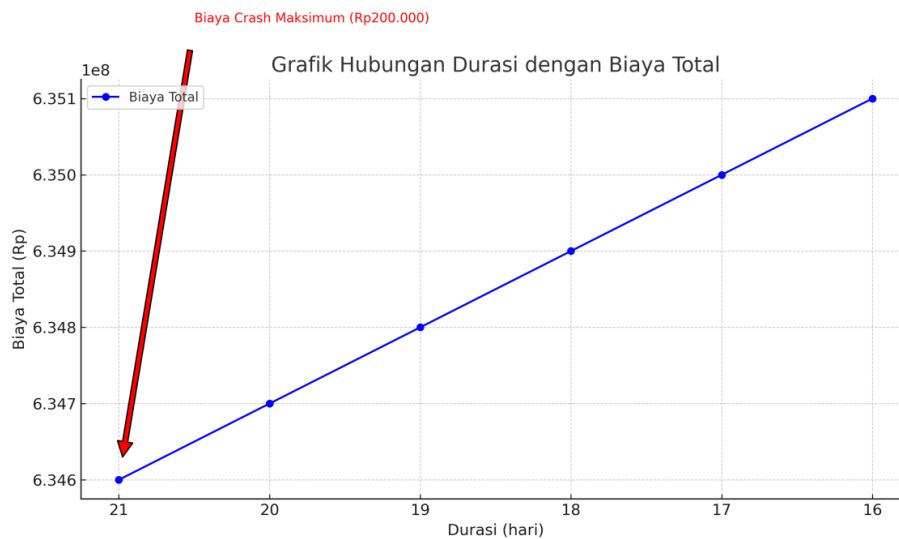
lembur. Titik dengan biaya paling rendah tercatat pada durasi 21 hari, yaitu sebesar Rp 634.610.231,65, yang menandakan bahwa proyek dengan durasi lebih panjang dapat lebih ekonomis dari sisi pengeluaran.

Tabel 3. Perhitungan Perubahan Durasi dan Biaya Akibat Crashing untuk Penambahan Waktu Tenaga Kerja

Durasi (hari)	Crash Activity	Total Cost Slope (Rp)	Biaya Tak Langsung (Rp)	Biaya Penambahan Tenaga Kerja (Rp)	Biaya Total (Rp)
21	-	-	180.141.655,56	0	634.595.472,00
20	Divisi 6.2	2.769,79	171.364.800,00	13.852,41	634.610.231,65
19	Divisi 6.1	2.769,79	162.588.944,44	27.704,83	634.624.991,30
18	Divisi 6.4	2.769,79	153.813.088,89	41.557,24	634.639.750,95
17	Divisi 6.3	2.769,79	145.037.233,33	55.409,65	634.654.510,60
16	Divisi 8.1	2.769,79	136.261.377,78	69.262,06	634.669.270,25

(Sumber : Hasil Peneliti 2025)

Berdasarkan Tabel 3., dapat disimpulkan bahwa penambahan tenaga kerja untuk mempercepat durasi proyek (crashing) dari 21 hari menjadi 16 hari menyebabkan peningkatan bertahap pada biaya total meskipun biaya tak langsung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh adanya penambahan biaya tenaga kerja yang meningkat setiap hari seiring proses percepatan durasi. Meskipun slope biaya per aktivitas crash tetap (Rp2.769,79), total biaya proyek meningkat dari Rp634.595.472,00 pada durasi 21 hari menjadi Rp634.669.270,25 pada durasi 16 hari, menunjukkan bahwa efisiensi waktu tidak serta-merta menghasilkan penghematan biaya total, karena biaya tenaga kerja tambahan lebih besar dari pengurangan biaya tak langsung.



Gambar 3. Perhitungan Perubahan Durasi dan Biaya Akibat Crashing untuk Penambahan Waktu Tenaga Kerja
(Sumber : Hasil Peneliti 2025)

Berdasarkan grafik hubungan durasi dengan biaya total, dapat disimpulkan bahwa semakin pendek durasi proyek (dari 21 ke 16 hari), biaya total proyek mengalami kenaikan secara bertahap. Hal ini menunjukkan bahwa upaya crashing atau percepatan proyek dengan menambah tenaga kerja memang mengurangi waktu, tetapi berdampak pada kenaikan biaya total karena biaya tambahan tenaga kerja melebihi penghematan dari penurunan biaya tak langsung. Grafik memperlihatkan tren garis naik yang konsisten, menegaskan bahwa percepatan durasi tidak ekonomis secara biaya total.

1.4. Analisis dan Interpretasi Hasil

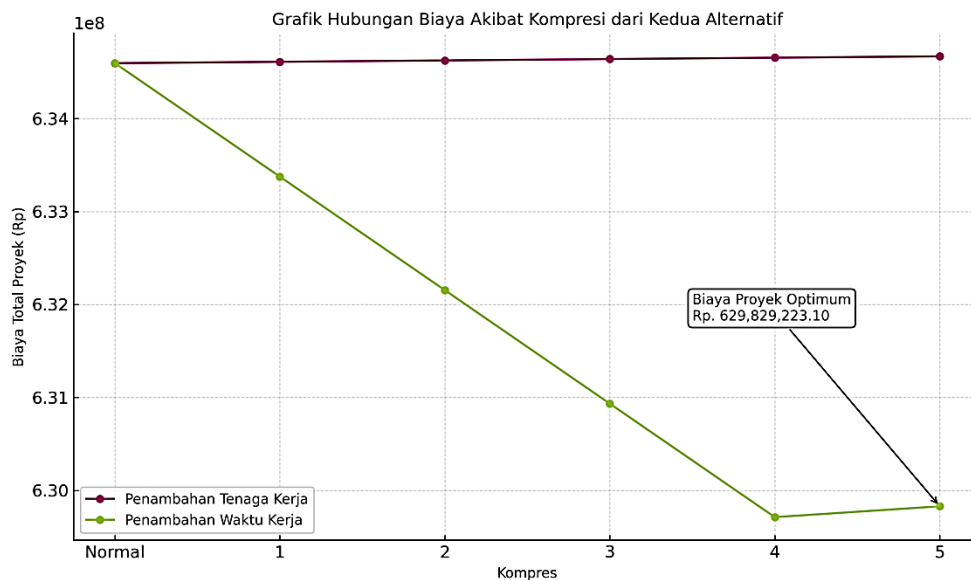
Setelah dilakukan crashing terhadap lintasan kritis dengan pendekatan penambahan tenaga kerja, maka diperoleh durasi dan biaya proyek sebagaimana ditunjukkan pada Tabel berikut:

Tabel 4. Perubahan Durasi dan Biaya Akibat Crashing

No	Alternatif	Durasi (hari)	Biaya (Rp)
1	Normal	21	635.468.177,45
2	Penambahan Tenaga Kerja Tahap 1	20	635.471.947,24
3	Penambahan Tenaga Kerja Tahap 2	19	635.475.717,03
4	Penambahan Tenaga Kerja Tahap 3	18	635.479.486,82
5	Penambahan Tenaga Kerja Tahap 4	17	635.483.256,61
6	Penambahan Tenaga Kerja Tahap 5	16	635.487.026,40

(Sumber : Hasil Peneliti 2025)

Dari tabel tersebut, terlihat bahwa: Alternatif penambahan tenaga kerja mampu mengurangi durasi proyek menjadi 16 hari, namun dengan sedikit peningkatan biaya. Alternatif penambahan waktu kerja menghasilkan durasi 18 hari, dengan biaya yang sedikit lebih rendah dibandingkan penambahan tenaga kerja, namun tidak seefisien dalam menekan durasi. Secara keseluruhan, perbedaan biaya antar alternatif sangat kecil, namun dapat berdampak signifikan terhadap efisiensi waktu proyek.



Gambar 4. Grafik Hubungan Biaya Akibat Kompresi dari Kedua Alternatif
(Sumber : Hasil Peneliti 2025)

Grafik menunjukkan bahwa: Biaya total proyek dengan penambahan waktu kerja cenderung menurun secara signifikan seiring meningkatnya tingkat kompresi (reduksi durasi proyek). Sebaliknya, biaya dengan penambahan tenaga kerja justru menunjukkan kenaikan kecil namun konsisten, menandakan metode ini kurang efisien secara biaya. Biaya proyek paling optimum terjadi pada alternatif penambahan waktu kerja tahap ke-6 (durasi 16 hari), yaitu sebesar Rp 629.829.223,10.

CONCLUSION

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kesimpulan Penambahan tenaga kerja bertahap mampu memangkas durasi lintasan kritis dari 21 hari menjadi 16 hari (kompresi 5 hari). Namun, total biaya naik ke Rp 635,49 juta karena kenaikan biaya langsung melebihi penghematan biaya tak langsung, sehingga secara ekonomi kurang efisien. Hasil crashing varian penambahan waktu kerja (lembur), Alternatif penambahan jam kerja mencapai durasi 16 hari dengan biaya total Rp 629,83 juta—sekitar 0,9 % lebih rendah daripada keadaan normal dan 0,88 % lebih rendah daripada alternatif tenaga kerja—menjadikannya opsi paling ekonomis sekaligus memenuhi target percepatan 5 hari. Metode crashing efektif menekan risiko denda dan biaya tak langsung, tetapi pemilihan alternatif harus mempertimbangkan keseimbangan antara produktivitas dan biaya marjinal (cost-time trade-off). Untuk proyek sejenis, penambahan jam kerja terbukti lebih cost-effective dibanding sekadar menambah jumlah pekerja.

REFERENCES

- Aris Sujarwo, Prof Dr. Dr(TS). Ir. H. Wateno Oetomo, MM., MT., MH., IPU. (2022, Juni). *Earned Value Analysis Terhadap Biaya Dan Waktu Pada Proyek Jalan (Studi Kasus: Proyek Peningkatan Jalan Batas Kabupaten Magelang–Kaliangkrik Batas Kabupaten Wonosobo)*, Volume 5 Nomor 1, Jurnal Kacapuri.
- Budi Witjaksana, Samuel Petrik Reresi. (2012, Desember). *Analisis Biaya Proyek Dengan Metode Earned Value Dalam Proses Kinerja (Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Universitas Katholik Widya Mandala Pakuwon Citi-Surabaya)*, Vol.05, No.02, Extrapolasi Jurnal Teknik Sipil Untag Surabaya.
- Debora Diasz, Gede Sarya. (2023, Juli). *Evaluasi Biaya Dan Waktu Menggunakan Metode Earned Value Pada Proyek Pembangunan Saluran Drainase Di Jalan Pawiyatan, Kecamatan Bubutan, Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur*, Vol 8 No.2, De'teksi Jurnal Teknik Sipil.
- Jajang Atmaja, Etri Suhelmidawati, Hendra Alexander, Monika Natalia, Merley Misriani, Rafella Nola Hanika. (2020, Juli). *Analisa Kinerja Proyek Menggunakan Metoda Earned Value Management dan Pengendalian dengan Metoda Time Cost Trade Off (Studi Kasus Proyek Pembangunan Jembatan Silaosinan Kabupaten Mentawai)*, Vol. 7 No.2, Jurnal Teknik Sipil ITP.
- M. Rediga Alfadin, Budi Witjaksana. (2023, Juli). *Analisis Biaya dan Waktu Dengan Metode Nilai Hasil (Studi Kasus Preservasi Jembatan Sembayat di Gresik)*, Vol. 5 No.4 Edisi 2, Ensiklopedia of Journal.
- Muhammad Izeul Maromi, Retno Indryani. (2015). *Metode Earned Value untuk Analisa Kinerja Biaya dan Waktu Pelaksanaan pada Proyek Pembangunan Condotel De Vasa Surabaya*, Vol. 4 No. 1, Jurnal Teknik ITS.
- Noor Ramsi, Subandiyah Azis, I Gde Sarya. (2017, Maret). *Pengendalian Proyek dengan Metode Konsep Nilai Hasil pada Proyek Preservasi dan Pelebaran Jalan Ruas Palantaran – Kasongan – Tangkiling*, Volume 8.1, Jurnal Info Manpro.
- Reynaldo Farrel Fausta Tangtobing, Mega Waty. (2023, Mei). *Penerapan Metode Earned Value dan Earned Schedule Pelaksanaan Proyek Rumah Sakit X di Bandung*, Vol. 6 No.2, Jurnal Mitra Teknik Sipil.
- Rian Aditama, Budi Witjaksana. (2021). *Analisis Biaya dan Waktu Menggunakan Metode EVM (Earned Value Method) (Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Gedung Laundry RSUD Sidoarjo)*, Jurnal Teknik Sipil Untag Surabaya.
- Sanda Praja Riduwan, Budi Witjaksana, Hanie Teki Tjendani. (2023). *Analisis Biaya dan Waktu Dengan Earned Value Method Pada Pembangunan Sarana Olahraga Kecamatan Kedewan Kabupaten Bojonegoro*, Volume 2 No.4, Ijateis.
- Wahyudi Kurniawan, Deddy Purnomo. R, Astuti. (2017, Oktober). *Analisis Earned Value Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi Jalan (Studi Kasus: Pelebaran Jalan Simpang Lago - Sorek I)*, Volume 17 Nomor 2, Furnal Saintis.
- Yanuar Widiandi Nufah, Gusneli Yanti, Fadrizal Lubis. (2019). *Analisis Proyek Dengan Metode Earned Value Concept (Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Pekanbaru – Dumai Seksi 2 Sta. 9+500 – 33+600)*.