

## **Analisis Optimasi Percepatan Waktu Proyek Konstruksi untuk Mengatasi Keterlambatan Jadwal**

**Deviany Kartika<sup>1</sup>, Lila Ayu Ratna Winanda<sup>2</sup>, Jeremy Irawan<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>*Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang*

*Kampus ITNJI. Sigura - Gura No.2, Sumbersari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65152*

*\*E-mail Korespondensi : devianykartika67@gmail.com*

*DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v17i2.26957>*

### **Abstrak**

Keterlambatan dalam proyek konstruksi sering kali menjadi tantangan utama yang dapat mempengaruhi biaya, kualitas, dan keberlanjutan proyek. Keterlambatan yang terjadi harus segera diatasi agar target proyek tersebut tidak terganggu. Penelitian ini bertujuan menganalisis strategi percepatan (crashing) pada proyek Paket Rehabilitasi Drainase Perkotaan Kecamatan Kertosono. Proyek rehabilitasi drainase ini penting untuk dilakukan karena cuaca yang cukup ekstrem saat ini, bahkan terdapat banjir di beberapa tempat. Proyek mengalami keterlambatan hingga minggu ke-5 akibat berbagai faktor teknis dan non-teknis, sehingga untuk mengatasi keterlambatan tersebut, dilakukan analisis percepatan dengan dua metode, yaitu penambahan jam lembur dan penambahan sumber daya tenaga kerja. Dari hasil perhitungan, baik percepatan dengan menambah 2 jam lembur maupun penambahan sumber daya berupa pekerja dan tukang sama-sama menghasilkan waktu penyelesaian akhir total sebesar 53 hari. Oleh karena menghasilkan hasil waktu yang sama, maka direkomendasikan melakukan percepatan dengan menambah sumber daya, dengan kenaikan biaya total sebesar 2.290% dari rencana awal, serta penurunan waktu sebesar 11.667% dari waktu rencana. Sehingga penambahan sumber daya adalah aksi yang paling optimal untuk dilakukan. Perbandingan kedua metode menunjukkan bahwa penambahan sumber daya lebih ekonomis dibandingkan penambahan jam lembur, meskipun keduanya menghasilkan percepatan yang sama. Penelitian ini memberikan wawasan tentang pentingnya pemilihan metode percepatan yang tepat untuk mengoptimalkan biaya dan waktu dalam penyelesaian proyek yang tertunda. Implementasi strategi crashing yang efisien dapat menjadi solusi untuk mengurangi dampak keterlambatan proyek, sekaligus memastikan penyelesaian sesuai dengan target yang telah ditetapkan.

Kata Kunci: crashing, keterlambatan jadwal, optimasi biaya dan waktu, proyek konstruksi.

### **PENDAHULUAN**

Keterlambatan proyek konstruksi menjadi tantangan yang sering dihadapi dalam industri konstruksi global, khususnya di negara berkembang seperti Indonesia. (Armalisa et al., 2020). Fenomena ini tidak hanya berdampak pada pembengkakan biaya, tetapi juga memengaruhi kualitas proyek dan kepercayaan pemangku kepentingan (Prasetyawidandi et al., 2022). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa keterlambatan adalah salah satu penyebab utama kegagalan proyek, dengan lebih dari 50% proyek mengalami penyelesaian yang melampaui batas waktu yang direncanakan (Banihashemi et al., 2021). Dalam konteks ini, pentingnya implementasi manajemen waktu yang efektif semakin menjadi perhatian, terutama dalam proyek infrastruktur yang berdampak luas terhadap masyarakat. (Nadeem et al., 2023)

Sistem drainase yang buruk merupakan salah satu masalah infrastruktur utama di Indonesia yang memengaruhi kualitas hidup masyarakat dan aktivitas ekonomi. Genangan air dan banjir akibat tidak optimalnya sistem drainase menjadi ancaman serius, terutama di wilayah perkotaan yang menghadapi tekanan besar dari urbanisasi dan perubahan iklim. Kondisi ini semakin diperburuk oleh peningkatan intensitas curah hujan akibat pola cuaca ekstrem, sebagaimana dilaporkan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dalam beberapa tahun terakhir. Dampaknya tidak hanya dirasakan dalam bentuk kerusakan infrastruktur, tetapi juga pada kesehatan masyarakat, seperti peningkatan penyakit bawaan air, serta terganggunya aktivitas ekonomi akibat banjir.

Penanganan masalah drainase menjadi semakin mendesak, terutama dalam konteks mitigasi bencana hidrometeorologi seperti banjir. Berdasarkan data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), banjir merupakan salah satu bencana dengan frekuensi tertinggi di Indonesia, yang meningkat tajam dalam lima tahun terakhir. Oleh karena itu, proyek infrastruktur air, termasuk rehabilitasi dan pembangunan sistem drainase, memegang peranan penting dalam mengurangi risiko tersebut. Namun, dalam pelaksanaannya, proyek seperti ini sering kali mengalami berbagai tantangan, salah satunya adalah keterlambatan.

Sebagian besar penelitian terdahulu lebih banyak membahas keterlambatan proyek gedung atau infrastruktur transportasi seperti jalan dan jembatan. Meskipun penting, kajian terkait percepatan proyek air, seperti proyek drainase, masih terbatas. Padahal, dalam situasi saat ini, proyek air memiliki urgensi yang lebih tinggi karena

dampaknya langsung dirasakan oleh masyarakat luas. Keterlambatan pada proyek air tidak hanya menunda manfaat yang diharapkan, tetapi juga dapat meningkatkan kerugian ekonomi akibat banjir dan genangan air yang terus terjadi. (Amar et al., 2023)

Dalam dunia konstruksi, keterlambatan proyek adalah masalah yang kompleks dan sering kali tidak terhindarkan. Beberapa penyebab utama keterlambatan proyek yang sering ditemukan dalam literatur mencakup: Kurangnya Perencanaan yang Matang: Penelitian oleh (Bascon et al., 2023) menunjukkan bahwa salah satu faktor utama keterlambatan proyek di Indonesia adalah lemahnya perencanaan awal, termasuk estimasi waktu dan biaya yang tidak realistis. Koordinasi yang Tidak Efektif: Kolaborasi yang buruk antara berbagai pihak yang terlibat, seperti kontraktor, subkontraktor, dan manajemen proyek, sering kali menjadi penyebab utama keterlambatan (Zhang et al., 2015). Keterbatasan Sumber Daya: Ketersediaan tenaga kerja, bahan baku, dan peralatan yang tidak mencukupi dapat menghambat kelancaran proses konstruksi. Faktor Eksternal: Cuaca buruk, perubahan regulasi, dan gangguan sosial juga dapat memengaruhi jadwal proyek (Bascon et al., 2023)

Strategi untuk mengatasi keterlambatan proyek telah menjadi fokus penelitian di bidang manajemen konstruksi. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan adalah *crashing*. Metode ini melibatkan penambahan sumber daya atau jam kerja untuk mempercepat penyelesaian proyek tanpa mengorbankan kualitas (Mariani & Witjaksana, 2019). Studi oleh (Malifa et al., 2019) menunjukkan bahwa *crashing* dapat menjadi solusi efektif, terutama pada proyek infrastruktur berskala besar yang memiliki batas waktu ketat.

Tim manajemen proyek menghadapi dilema dalam memilih strategi percepatan yang tepat. Dua opsi yang tersedia adalah: Penambahan jam lembur, di mana pekerja diberikan waktu kerja tambahan untuk mempercepat penyelesaian pekerjaan. Penambahan jumlah tenaga kerja, yang memungkinkan penyelesaian lebih cepat dengan memperbanyak aktivitas kerja secara simultan. Setiap strategi memiliki implikasi yang berbeda terhadap biaya dan efektivitasnya (Abu Aisheh, 2021). Oleh karena itu, diperlukan analisis yang mendalam untuk menentukan metode yang paling optimal.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi terhadap permasalahan keterlambatan proyek drainase dengan menganalisis dan mengevaluasi strategi *crashing*, yaitu: strategi percepatan: dua metode percepatan—penambahan jam lembur dan penambahan sumber daya—akan dianalisis berdasarkan durasi dan biaya (Toğan & Eirgash, 2019). Tujuannya adalah untuk memahami sejauh mana kedua metode ini dapat mempercepat penyelesaian proyek tanpa meningkatkan biaya secara signifikan (SARI, 2022). Menentukan strategi terbaik: hasil evaluasi akan digunakan untuk merekomendasikan metode percepatan yang paling efektif dari segi waktu dan biaya, sehingga dapat menjadi panduan bagi proyek serupa di masa depan. Kajian terhadap percepatan proyek rehabilitasi air, seperti proyek drainase ini, sangat relevan dengan kondisi saat ini. Perubahan iklim yang semakin ekstrem menyebabkan intensitas hujan yang tinggi dan meningkatnya risiko banjir di berbagai wilayah. Proyek rehabilitasi drainase berperan penting dalam mengurangi dampak bencana hidrometeorologi, seperti banjir, yang dapat merugikan masyarakat secara sosial dan ekonomi. Dengan demikian, pengelolaan proyek yang efisien melalui percepatan penyelesaian menjadi hal yang krusial untuk menjawab kebutuhan mendesak akan infrastruktur drainase yang memadai.

Melalui penelitian ini, diharapkan solusi yang dihasilkan tidak hanya dapat membantu menyelesaikan proyek dengan tepat waktu tetapi juga memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu manajemen konstruksi, khususnya dalam menangani keterlambatan proyek. (Heravi & Moridi, 2019)

## **METODE PENELITIAN**

### **Data dan Pengumpulan Data**

Penelitian ini berfokus pada analisis strategi percepatan (*crashing*) pada proyek infrastruktur air yang mengalami keterlambatan. Proyek yang dikaji adalah rehabilitasi drainase di Kecamatan Kertosono, yang dirancang untuk meningkatkan efektivitas sistem pengelolaan air guna mengurangi potensi banjir. Proyek ini memiliki durasi perencanaan selama 60 hari kerja, tetapi mengalami keterlambatan hingga minggu ke-5 akibat berbagai faktor teknis dan non-teknis.

Proyek ini bertujuan untuk memitigasi dampak genangan air dan banjir yang sering terjadi di kawasan perkotaan. Pentingnya rehabilitasi ini terletak pada perannya dalam menyediakan infrastruktur drainase yang lebih andal, sehingga dapat mendukung aktivitas ekonomi dan sosial masyarakat secara lebih baik. Studi ini menganalisis keterlambatan proyek tersebut dengan mengevaluasi dua metode percepatan utama, yaitu penambahan jam lembur dan penambahan tenaga kerja.

### **Jenis dan Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menganalisis keterlambatan proyek *Paket Rehabilitasi Drainase Perkotaan Kecamatan Kertosono* dan mengevaluasi strategi percepatan (*crashing*) berdasarkan waktu dan biaya. Berikut adalah metode penelitian yang digunakan:

Desain Penelitian

Penelitian ini bersifat deskriptif kuantitatif, di mana data terkait keterlambatan proyek dan alternatif solusi percepatan akan dianalisis menggunakan teknik perhitungan dan simulasi untuk menentukan efektivitas Berikut saya susunkan menjadi paragraf yang runtut:

---

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan percepatan (crashing) karena memungkinkan analisis yang terukur dan obyektif terkait durasi serta biaya proyek. Penelitian dilakukan pada proyek \*Paket Rehabilitasi Drainase Perkotaan Kecamatan Kertosono\* dengan subjek penelitian meliputi tim manajemen proyek (kontraktor, konsultan, dan pemilik proyek), pekerja lapangan, serta data proyek berupa jadwal kerja, anggaran, dan laporan kemajuan. Data yang digunakan terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara dengan tim manajemen proyek untuk mengidentifikasi penyebab keterlambatan dan kendala pelaksanaan, serta observasi langsung di lapangan untuk memvalidasi progres proyek. Sedangkan data sekunder berupa dokumen proyek, seperti jadwal kerja, laporan kemajuan, rincian anggaran, dan literatur terkait strategi percepatan proyek, khususnya metode crashing.

Prosedur penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu identifikasi masalah dengan menganalisis faktor penyebab keterlambatan berdasarkan data primer dan sekunder, serta membandingkan rencana dengan realisasi jadwal proyek. Selanjutnya dilakukan analisis alternatif percepatan dengan dua strategi, yaitu penambahan jam lembur sebesar dua jam per hari serta penambahan jumlah tenaga kerja. Perhitungan waktu dan biaya pada kedua strategi ini dianalisis menggunakan metode jaringan kerja \*Critical Path Method\* (CPM) dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Project. Biaya crashing dihitung melalui formula penambahan upah lembur dan penambahan pekerja berdasarkan durasi crash.

Hasil perhitungan dari kedua strategi dievaluasi dengan membandingkan efektivitas waktu (jumlah hari yang dapat dihemat) dan efisiensi biaya (total biaya tambahan yang diperlukan). Strategi percepatan yang dipilih merupakan strategi dengan rasio terbaik antara pengurangan durasi proyek dan peningkatan biaya. Untuk mendukung analisis, penelitian ini menggunakan instrumen berupa perangkat lunak manajemen proyek, formulir wawancara dan observasi, serta lembar perhitungan biaya dan waktu. Analisis data dilakukan melalui statistik deskriptif untuk menggambarkan keterlambatan dan performa proyek, simulasi percepatan menggunakan CPM, serta perbandingan antara metode penambahan jam lembur dan penambahan tenaga kerja.

Kriteria keberhasilan strategi percepatan ditentukan berdasarkan pengurangan durasi proyek yang signifikan, biaya crashing yang paling efisien, dan implementasi metode yang tidak mengganggu kualitas pekerjaan. Dengan metode ini, penelitian diharapkan menghasilkan rekomendasi yang jelas dan terukur dalam menyelesaikan keterlambatan proyek rehabilitasi drainase di Kecamatan Kertosono secara efektif dan efisien.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

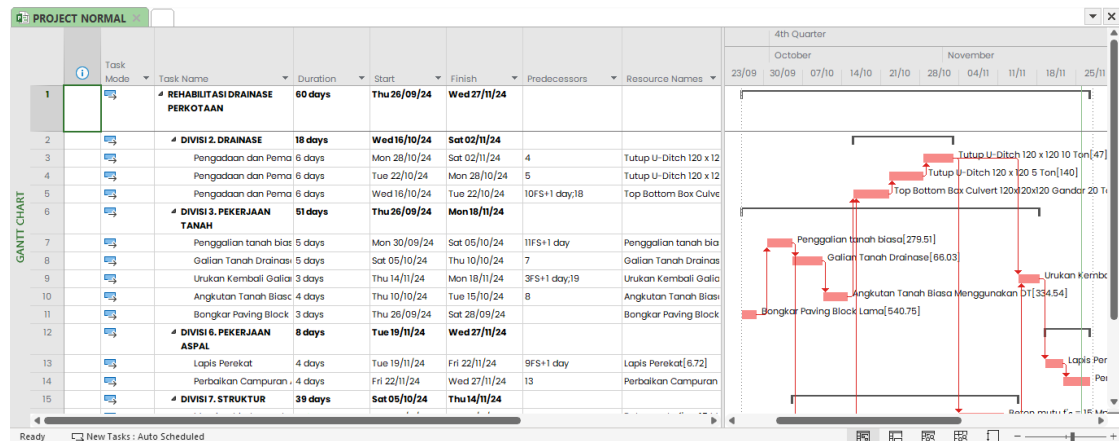
### **Crashing Metode Penambahan 2 Jam Lembur**

#### **a. Biaya dan Waktu Normal**

Biaya Normal (Normal Cost) dapat dilihat pada Rencana Anggaran Biaya yaitu sebesar Rp. 505,738,646.61 Waktu Normal (Normal Duration) menggunakan kalender normal berdasarkan kurva-S yaitu 60 hari kerja, 6 hari kerja per minggu, 8 jam kerja per hari.

#### **b. Menyusun Waktu Penyelesaian**

Tujuan penyusunan durasi normal ini adalah untuk mengetahui urutan pekerjaan dan keterkaitan antara aktivitas serta durasi tiap-tiap item pekerjaan, dan menggunakan program bantu MS Project/Primavera P6 untuk membantu mendapatkan aktivitas kritis yang akan dicrashing.



Gambar 1 Durasi Normal Proyek

Dari hasil input MS Project, dengan durasi dan keterikatan antar kegiatan, didapatkan waktu total perencanaan proyek ini sebesar 60 hari sesuai dengan perencanaan secara manual.

### c. Aktivitas yang Berada di Jalur Kritis

Dari MS Project, dapat diketahui aktivitas mana saja yang berada di jalur kritis, berikut ini adalah tabel daftar kegiatan yang berada di jalur kritis, sebagai berikut:

Tabel 1 Aktivitas Kritis

| No       | Pekerjaan                                                                      | Keterangan   |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>A</b> | <b>DIVISI II. DRAINASE</b>                                                     |              |
| 1        | Pengadaan dan Pemasangan Tutup U-Ditch 120x120 Gandar 10 Ton                   | Jalur Kritis |
| 2        | Pengadaan dan Pemasangan Tutup U-Ditch 100x120 Gandar 5 Ton                    | Jalur Kritis |
| 3        | Pengadaan dan Pemasangan Top Bottom Box Culvert 120x120x120 Gandar 20 Ton      | Jalur Kritis |
| <b>B</b> | <b>DIVISI III. PEKERJAAN TANAH</b>                                             |              |
| 1        | Penggalian tanah biasa sedalam 0 s.d. 1 m untuk volume s.d. 200 m <sup>3</sup> | Jalur Kritis |
| 2        | Galian Tanah Drainase Menggunakan Alat Berat                                   | Jalur Kritis |
| 3        | Urukan Kembali Galian Tanah tanpa pemadatan secara manual                      | Jalur Kritis |
| 4        | Angkutan Tanah Biasa Menggunakan DT untuk Jarak 1 KM                           | Jalur Kritis |
| 5        | Bongkar Paving Block Lama                                                      | Jalur Kritis |
| <b>C</b> | <b>DIVISI VI. PEKERJAAN ASPAL</b>                                              |              |
| 1        | Lapis Perekat                                                                  | Jalur Kritis |
| 2        | Perbaikan Campuran Aspal Panas                                                 | Jalur Kritis |
| <b>D</b> | <b>DIVISI VII STRUKTUR</b>                                                     |              |
| 1        | Membuat beton mutu $f'c = 15$ MPa , slump (10±2) cm (semi Mekanis)             | Jalur Kritis |
| 2        | Penulangan Baja Tulangan U24 Polos                                             | Jalur Kritis |
| 3        | Pasangan Batu Belah Camp. 1 PC : 4 Psr, Semi Mekanis                           | Jalur Kritis |
| 4        | Bekisting dinding beton biasa dengan multiflex 12 mm atau 18 mm                | Jalur Kritis |

### d. Aktivitas yang Akan Dicurahkan

Pada pelaksanaan, proyek ini mengalami keterlambatan progress hingga minggu ke-5, sehingga direncanakan percepatan proyek pada sebagian progress pekerjaan pada minggu ke-5 hingga seterusnya hingga minggu ke-9. Berikut ini adalah aktivitas pada jalur kritis yang direncanakan untuk dipercepat sebagai berikut:

Tabel 2 Aktivitas Kritis Dipercepat

| No | Pekerjaan | Satuan         | Volume  | Vol. CR | Durasi | Minggu       | Keterangan |
|----|-----------|----------------|---------|---------|--------|--------------|------------|
| 1  | A1        | Buah           | 47      | 47      | 6      | Minggu 6     | Dipercepat |
| 2  | A2        | Buah           | 140     | 107     | 6      | Minggu 5     | Dipercepat |
| 3  | A3        | Buah           | 9       | -       | 6      | Minggu 4     | -          |
| 4  | B1        | m <sup>3</sup> | 279.51  | -       | 5      | Minggu 2     | -          |
| 5  | B2        | m <sup>3</sup> | 66.03   | -       | 5      | Minggu 2 - 3 | -          |
| 6  | B3        | m <sup>3</sup> | 11      | 11      | 3      | Minggu 8     | Dipercepat |
| 7  | B4        | m <sup>3</sup> | 334.542 | -       | 4      | Minggu 3     | -          |
| 8  | B5        | m <sup>2</sup> | 540.75  | -       | 3      | Minggu 1     | -          |
| 9  | C1        | Ltr            | 6.72    | 6.72    | 4      | Minggu 8 - 9 | Dipercepat |
| 10 | C2        | m <sup>3</sup> | 1.35    | 1.35    | 4      | Minggu 9     | Dipercepat |
| 11 | D1        | m <sup>3</sup> | 56.0984 | 56.0984 | 8      | Minggu 7 - 8 | Dipercepat |
| 12 | D2        | Kg             | 840.323 | 840.323 | 6      | Minggu 7     | Dipercepat |
| 13 | D3        | m <sup>3</sup> | 169.236 | -       | 10     | Minggu 2 - 4 | -          |
| 14 | D4        | m <sup>2</sup> | 183.326 | 183.326 | 5      | Minggu 7 - 8 | Dipercepat |

**e. Crash Duration**

Produktivitas kerja lembur untuk 2 jam per hari diperhitungkan sebesar 80 %, dan untuk 3 jam yaitu 70 %, dari produktivitas normal.

Berikut adalah salah satu contoh perhitungan untuk pekerjaan Pengadaan dan Pemasangan Tutup U-Ditch 100x120 Gandar 5 Ton

- Volume = 107 buah
- Durasi Normal = 6 hari
- Produktivitas Harian =  $\text{Volume} / (\text{Durasi Normal}) = 107/6 = 17.83 \text{ buah/hari}$
- Produktivitas per Jam =  $(\text{Prod. Harian}) / (\text{Jumlah Jam Kerja per Hari}) = 17.83/8 = 2.23 \text{ buah/jam}$
- Produktivitas Lembur =  $\text{Jam Lembur} \times \text{Koef. Produktivitas} \times \text{Prod./Jam}$   
 $= 2 \times 0.8 \times 2.23 = 3.57 \text{ buah}$
- Produktivitas setelah crashing  
 Produktivitas Crashing =  $\text{Prod. Harian} + \text{Prod. Lembur}$   
 $= 17.83 + 3.57 = 21.40 \text{ buah}$
- Crash Duration =  $\text{Volume} / (\text{Produktivitas Crashing})$   
 $= 107/21.40 = 5 \text{ hari}$

**f. Crash Cost dan Cost Slope**✓ **CrashCost**

Untuk perhitungan upah lembur tiap jamnya dapat dilihat seperti contoh perhitungan upah mandor dibawah ini:

Upah mandor perhari = Rp. 180.000

Jam kerja perhari = 8 Jam

Upah kerja perjam =  $\text{Rp. 180.000} / 8 \text{ jam} = \text{Rp. 22.500}$

Upah lembur 2 jam =  $(\text{Upah 1 jam pertama}) + (\text{Upah 1 jam berikutnya})$

$= (1,5 \times \text{upah perjam}) + (2 \times n \times \text{upah perjam})$

$= (1,5 \times \text{Rp. 22.500}) + (2 \times 1 \times \text{Rp. 22.500})$

$= \text{Rp. 78.750}$

✓ **Cost Slope**

Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan untuk menghitung biaya percepatan dan cost slope pekerjaan Pengadaan dan Pemasangan Tutup U-Ditch 100x120 Gandar 5 Ton:

Volume = 107 buah

Durasi Normal = 6 hari

Crash Duration = 5 hari

|              |                                                             |
|--------------|-------------------------------------------------------------|
| Waktu Lembur | = 2 Jam                                                     |
| Upah Lembur  | = Jumlah tenaga kerja × biaya lembur 2 jam × crash duration |
| Pelaksana    | = 1 orang × Rp. 87.500 × 5                                  |
|              | = Rp. 437.500                                               |
| Mandor       | = 1 orang × Rp. 78.750 × 5                                  |
|              | = Rp. 393.750                                               |
| Pekerja      | = 11 orang × Rp. 43.750 × 5                                 |
|              | = Rp. 2.406.250                                             |
| Tukang       | = 6 orang × Rp. 52.500 × 5                                  |
|              | = Rp. 1.575.000                                             |
| Petugas K3   | = 1 orang × Rp. 78.750 × 5                                  |
|              | = Rp. 393.750                                               |

Sehingga total biaya lembur 2 jam untuk pekerjaan Pengadaan dan Pemasangan Tutup U-Ditch 100x120 Gandar 5 Ton adalah sebesar **Rp. 5.206.250**

Biaya normal = Rp. 125.684.684,69

Biaya percepatan = Rp. 125.684.684,69 + Rp. 5.206.250

= Rp. 130.890.934,69

Cost Slope (lembur) =  $\frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}}$   
 $\frac{\text{Rp. 130.890.934,69} - \text{Rp. 125.684.684,69}}{6 - 5}$   
 = Rp. 5.206.250

#### g. Biaya Total Proyek

##### Penambahan 2 jam lembur

Biaya Langsung = Rp. 505.738.646,61

Total *Cost Slope* = Rp. 20.440.000

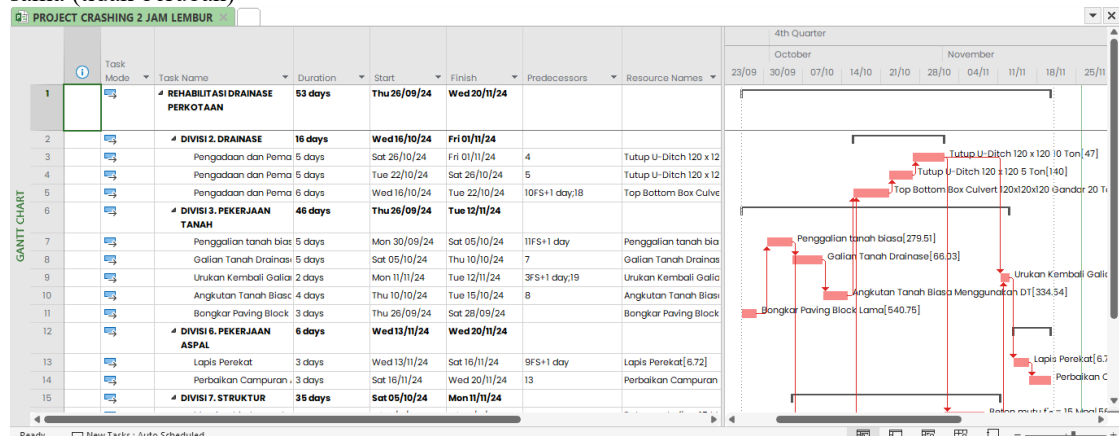
Biaya Total = Biaya Langsung + Total *Cost Slope*

= Rp. 505.738.646,61 + Rp. 20.440.000

= **Rp. 526.178.646,61**

#### h. Waktu Akhir Setelah Percepatan

Waktu penyelesaian setelah penambahan 2 jam lembur pada pekerjaan yang tersisa mulai sisa pekerjaan minggu ke – 5 hingga akhir rencana proyek pada minggu ke – 9 menjadi 53 hari dengan jalur kritis yang sama (tidak berubah)



Gambar 2 Waktu Akhir Setelah Percepatan

#### Crashing Metode Penambahan Sumberdaya (Tenaga Kerja)

Berdasarkan metode sebelumnya, didapat waktu percepatan dengan penambahan 2 jam lembur, maka durasi normal dan durasi percepatan disesuaikan dengan perhitungan sebelumnya, untuk menghitung jumlah penambahan tenaga kerja. Dan dilakukan pada kegiatan kritis yang sama (sisa minggu ke-5 sampai minggu ke-9)

##### a. Tenaga Kerja pada Durasi Normal

Tabel 3 Tenaga Kerja pada Durasi Normal

|  |  |  | Vol | Durasi | Tenaga Kerja Normal |  |
|--|--|--|-----|--------|---------------------|--|
|--|--|--|-----|--------|---------------------|--|

| N o | Pekerjaa n | Satua n        |          | Vol<br>·<br>CR | Norma l | Pelaksan a | Mando r | Pekerj a | Tukan g | Petuga s K3 | Tota l |
|-----|------------|----------------|----------|----------------|---------|------------|---------|----------|---------|-------------|--------|
| 1   | A1         | Buah           | 47       | 47             | 6       | 1          | 1       | 7        | 4       | 1           | 14     |
| 2   | A2         | Buah           | 140      | 107            | 6       | 1          | 1       | 11       | 6       | 1           | 20     |
| 3   | A3         | Buah           | 9        | -              | 6       |            |         |          |         |             |        |
| 4   | B1         | m <sup>3</sup> | 279      | -              | 5       |            |         |          |         |             |        |
| 5   | B2         | m <sup>3</sup> | 66       | -              | 5       |            |         |          |         |             |        |
| 6   | B3         | m <sup>3</sup> | 11       | 11             | 3       | 1          | 1       | 3        | 2       | 1           | 8      |
| 7   | B4         | m <sup>3</sup> | 334      | -              | 4       |            |         |          |         |             |        |
| 8   | B5         | m <sup>2</sup> | 540      | -              | 3       |            |         |          |         |             |        |
| 9   | C1         | Ltr            | 6.7<br>2 | 6.7<br>2       | 4       | 1          | 1       | 2        | 1       | 1           | 6      |
| 10  | C2         | m <sup>3</sup> | 1.3<br>5 | 1.3<br>5       | 4       | 1          | 1       | 1        | 1       | 1           | 5      |
| 11  | D1         | m <sup>3</sup> | 56       | 56             | 8       | 1          | 1       | 4        | 2       | 1           | 9      |
| 12  | D2         | Kg             | 840      | 840            | 6       | 1          | 1       | 3        | 2       | 1           | 8      |
| 13  | D3         | m <sup>3</sup> | 169      | -              | 10      |            |         |          |         |             |        |
| 14  | D4         | m <sup>2</sup> | 183      | 183            | 5       | 1          | 1       | 3        | 2       | 1           | 8      |

### b. Tenaga Kerja pada Durasi Crash

Tabel 4 Tenaga Kerja pada Durasi Crash

| N o | Pekerjaa n | Satua n        | Vol      | Vol<br>·<br>CR | Duras i | Tenaga Kerja Normal |         |          |         |             | Tota l |
|-----|------------|----------------|----------|----------------|---------|---------------------|---------|----------|---------|-------------|--------|
|     |            |                |          |                | Crash   | Pelaksan a          | Mando r | Pekerj a | Tukan g | Petuga s K3 |        |
| 1   | A1         | Buah           | 47       | 47             | 5       | 1                   | 1       | 9        | 6       | 1           | 18     |
| 2   | A2         | Buah           | 140      | 107            | 5       | 1                   | 1       | 14       | 8       | 1           | 25     |
| 3   | A3         | Buah           | 9        | -              |         |                     |         |          |         |             |        |
| 4   | B1         | m <sup>3</sup> | 279      | -              |         |                     |         |          |         |             |        |
| 5   | B2         | m <sup>3</sup> | 66       | -              |         |                     |         |          |         |             |        |
| 6   | B3         | m <sup>3</sup> | 11       | 11             | 2       | 1                   | 1       | 5        | 4       | 1           | 12     |
| 7   | B4         | m <sup>3</sup> | 334      | -              |         |                     |         |          |         |             |        |
| 8   | B5         | m <sup>2</sup> | 540      | -              |         |                     |         |          |         |             |        |
| 9   | C1         | Ltr            | 6.7<br>2 | 6.7<br>2       | 3       | 1                   | 1       | 3        | 3       | 1           | 9      |
| 10  | C2         | m <sup>3</sup> | 1.3<br>5 | 1.3<br>5       | 3       | 1                   | 1       | 2        | 2       | 1           | 7      |
| 11  | D1         | m <sup>3</sup> | 56       | 56             | 7       | 1                   | 1       | 5        | 4       | 1           | 12     |
| 12  | D2         | Kg             | 840      | 840            | 5       | 1                   | 1       | 4        | 3       | 1           | 10     |
| 13  | D3         | m <sup>3</sup> | 169      | -              |         |                     |         |          |         |             |        |
| 14  | D4         | m <sup>2</sup> | 183      | 183            | 4       | 1                   | 1       | 4        | 3       | 1           | 10     |

### c. Crash Cost dan Cost Slope

Contoh perhitungan untuk pekerjaan Pengadaan dan Pemasangan Tutup U-Ditch 100x120 Gandar 5 Ton:

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

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

Volume = 107 buah

Durasi Normal = 6 hari

Durasi Crash = 5 hari

Pekerja Normal = 11 orang

Pekerja Crash = 14 orang

Penambahan Pekerja =  $14 - 11 = 3$  orang

Tukang Normal = 6 orang

Tukang Crash = 8 orang

Penambahan Tukang =  $8 - 6 = 2$  orang

Upah Pekerja = Rp. 100.000 per hari

$$\begin{aligned}
 \text{Upah Tukang} &= \text{Rp. 120.000 per hari} \\
 \text{Biaya Tambah Pekerja} &= \text{Penambahan} \times \text{Durasi Crash} \times \text{Upah Pekerja} \\
 &= 3 \times 5 \times \text{Rp. 100.000} = \text{Rp. 1.500.000} \\
 \text{Biaya Tambah Tukang} &= \text{Penambahan} \times \text{Durasi Crash} \times \text{Upah Tukang} \\
 &= 2 \times 5 \times \text{Rp. 120.000} = \text{Rp. 1.200.000} \\
 \text{Jadi total crash cost adalah} &= \text{Rp. 1.500.000} + \text{Rp. 1.200.000} = \text{Rp. 2.700.000} \\
 \text{Biaya normal} &= \text{Rp. 125.684.684,69} \\
 \text{Biaya percepatan} &= \text{Rp. 125.684.684,69} + \text{Rp. 2.700.000} \\
 &= \text{Rp. 128.384.684,69} \\
 \text{Cost Slope (tambah)} &= \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\frac{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}}{6-5}} \\
 &= \frac{\text{Rp. 128.384.684,69} - \text{Rp. 125.684.684,69}}{6-5} \\
 &= \text{Rp. 2.700.000}
 \end{aligned}$$

#### d. Biaya Total Proyek

##### Penambahan Sumberdaya (Pekerja dan Tukang)

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Langsung} &= \text{Rp. 505.738.646,61} \\
 \text{Total Cost Slope} &= \text{Rp. 11.580.000} \\
 \text{Biaya Total} &= \text{Biaya Langsung} + \text{Total Cost Slope} \\
 &= \text{Rp. 505.738.646,61} + \text{Rp. 11.580.000} \\
 &= \text{Rp. 517.318.646,61}
 \end{aligned}$$

#### Perbandingan Akhir

Berikut ini adalah perbandingan akhir percepatan dengan penambahan 2 jam lembur maupun penambahan sumberdaya (pekerja dan tukang) yang dilakukan pada kondisi normal duration dan crash duration yang sama, serta aktivitas kritis yang sama (sisa minggu ke-5 sampai minggu ke-9)

Tabel 5 Perbandingan Akhir

| Kondisi                          | Waktu     | Total                    | Ec (%)       | Et (%)        |
|----------------------------------|-----------|--------------------------|--------------|---------------|
|                                  | (Hari)    | Biaya                    |              |               |
| Normal                           | 60        | Rp 505,738,646.61        |              |               |
| 2 Jam Lembur                     | 53        | Rp 526,178,646.61        | 4.042        | 11.667        |
| <b>Tambah Pekerja dan Tukang</b> | <b>53</b> | <b>Rp 517,318,646.61</b> | <b>2.290</b> | <b>11.667</b> |

#### Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian mengenai keterlambatan proyek *Paket Rehabilitasi Drainase Perkotaan Kecamatan Kertosono* dan analisis metode percepatan (*crashing*), beberapa rekomendasi dapat diambil:

**Efektivitas Strategi Percepatan:** Dua metode percepatan yang dianalisis—penambahan jam lembur dan penambahan sumber daya—menunjukkan bahwa keduanya mampu mempercepat penyelesaian proyek dari 60 hari menjadi 53 hari. Namun, terdapat perbedaan signifikan dalam biaya *crashing*: Penambahan jam lembur memerlukan biaya sebesar Rp 526.178.646,61, sedangkan penambahan sumber daya memerlukan biaya sebesar Rp 517.318.646,61. Oleh karena menghasilkan hasil waktu yang sama, maka direkomendasikan melakukan percepatan dengan menambah sumberdaya, dengan kenaikan biaya total sebesar **2.290%** dari rencana awal, serta penurunan waktu sebesar **11.667%** dari waktu rencana. Sehingga penambahan sumberdaya adalah aksi yang paling optimal untuk dilakukan.

#### KESIMPULAN DAN SARAN

Percepatan proyek metode *crashing* yang dilakukan dengan cara menambah jam lembur dan menambah sumber daya, menunjukkan bahwa keduanya mampu mempercepat penyelesaian proyek dari 60 hari menjadi 53 hari. Oleh karena menghasilkan hasil waktu yang sama, maka direkomendasikan melakukan percepatan dengan menambah sumberdaya, dengan kenaikan biaya total sebesar **2.290%** dari rencana awal, serta penurunan waktu

sebesar **11.667%** dari waktu rencana. Sehingga penambahan sumberdaya adalah aksi yang paling optimal untuk dilakukan.

Saran, Untuk penelitian lanjutan, disarankan agar analisis percepatan proyek mempertimbangkan faktor risiko, seperti kemungkinan metode percepatan tidak dapat dilaksanakan sepenuhnya atau tingkat probabilitas keberhasilan penyelesaian proyek setelah dipercepat. Pendekatan berbasis analisis risiko dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai potensi kendala dan mitigasinya.

Selain itu, penelitian juga dapat mengeksplorasi kombinasi beberapa metode percepatan untuk mencapai hasil yang lebih optimal dalam hal durasi dan biaya. Misalnya, menggabungkan penambahan jam lembur dengan penambahan sumber daya atau menggunakan pendekatan teknologi seperti simulasi jadwal berbasis perangkat lunak. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pengelolaan proyek, terutama pada infrastruktur air yang memiliki urgensi tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

Abu Aisheh, Y. I. (2021). Lessons learned, barriers, and improvement factors for mega building construction projects in developing countries: Review study. *Sustainability (Switzerland)*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/su131910678>

Amar, T. I. K., Astuti, F. F., & ... (2023). Strategi Percepatan Proyek Dengan Metode Crashing Pada Pembangunan Drainase Di Pemukiman Padat Penduduk. *Jurnal Teknik Sipil ...*, 09(02), 74–81. <http://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/rancangbangun/article/view/2632%0Ahttps://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/rancangbangun/article/download/2632/1482>

Armalisa, A., Triana, D., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Raya, U. S., Sakit, R., Daerah, U., & Serang-banten, K. (2020). Metode Crashing Terhadap Penambahan Jam Kerja Optimum pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Serang Raya*, 1–18.

Banihashemi, S. A., Khalilzadeh, M., & Antucheviciene, J. (2021). Trading off Time – Cost – Quality in Construction Project. *Buildings*, 11, 387.

Bascon, R., Gangcuangco, R., Carreon, A., Morales, M., Alejandrino, A., Nuqui, N., Coronel, J. C., & Tongol, J. V. (2023). Investigation on the Factors Influencing Time and Cost Overrun in Vertical Construction in Pampanga. *IRE Journals*, 6(12), 730–752. <https://www.irejournals.com/formatedpaper/1704711.pdf>

Heravi, G., & Moridi, S. (2019). Resource-Constrained Time-Cost Tradeoff for Repetitive Construction Projects. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 23(8), 3265–3274. <https://doi.org/10.1007/s12205-019-0151-x>

Malifa, Y., Dundu, A. K. T., & Malingkas, G. Y. (2019). Analisis Percepatan Waktu Dan Biaya Proyek Konstruksi Menggunakan Metode Crashing (Studi Kasus: Pembangunan Rusun Iain Manado). *Jurnal Sipil Statik*, 7(Juni), 681–688. <https://ocs.unmul.ac.id/index.php/TS/article/view/5235/3214>

Mariani, R., & Witjaksana, B. (2019). *Analisis Crashing Time Menggunakan Ms-Project Dalam Pelaksanaan Pekerjaan Pada Proyek*. 1–10.

Nadeem, M., Jiskani, I. M., Urwat, M. S., Uddin, S., Akhtar, K., & Khokhar, N. H. (2023). Analysing delay factors in construction projects using Z-number approach: insights from Pakistan. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 50(12), 966–983. <https://doi.org/10.1139/cjce-2022-0310>

Prasetyawidandi, R. T., Rachmadita, R. N., Utari, D. A., & Puspandari, L. E. (2022). Analisis Optimasi Waktu dan Biaya Crashing Project Dengan Metode Critical Path dan Time Cost Trade Off Pada Proyek Pembangunan Galangan Kapal. *Jurnal Teknologi Maritim*, 5(2), 231–238.

SARI, I. (2022). *PROYEKSI KETERLAMBATAN Pengerjaan Proyek Dengan Metode WHAT IF ANALYSIS DAN CRASH PROGRAM (Studi Kasus: Pembangunan Gedung ....* [http://repository.unissula.ac.id/id/eprint/28066%0Ahttp://repository.unissula.ac.id/28066/1/TeknikIndustri\\_31601800045\\_fullpdf.pdf](http://repository.unissula.ac.id/id/eprint/28066%0Ahttp://repository.unissula.ac.id/28066/1/TeknikIndustri_31601800045_fullpdf.pdf)

Toğan, V., & Eirgash, M. A. (2019). Time-Cost Trade-off Optimization of Construction Projects using Teaching Learning Based Optimization. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 23(1), 10–20. <https://doi.org/10.1007/s12205-018-1670-6>

Zhang, L., Zou, X., & Qi, J. (2015). A trade-off between time and cost in scheduling repetitive construction projects. *Journal of Industrial and Management Optimization*, 11(4), 1423–1434. <https://doi.org/10.3934/jimo.2015.11.1423>

