

# ANALISIS BIAYA DAN WAKTU PEMBANGUNAN JEMBATAN BENTANG MENENGAH DENGAN METODE *TIME COST TRADE OFF*

(*Cost and Time Analysis of Medium Span Bridge Construction Using The Time Cost Trade-off Method*)

Lutfy Auзан Fadilah<sup>1</sup>, Diyanti<sup>1</sup>, Fani Yayuk Supomo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Gunadarma, Jakarta, Indonesia

E-mail: [diyanti311@gmail.com](mailto:diyanti311@gmail.com)

Diterima 31 Februari 2024., Disetujui 25 Mei 2024

## ABSTRAK

Proyek pembangunan Jembatan Kali Keruh, Desa Plompong memiliki Panjang 80 meter dengan lebar 5.5 meter merupakan jembatan bentang menengah yang dalam proses pengerjaannya mengalami keterlambatan. Proyek ini direncanakan berdurasi 186 hari kalender, namun terjadi keterlambatan akibat faktor cuaca yaitu naiknya volume air Sungai sehingga membuat tanah menjadi lembab. Keterlambatan ini berdampak pada waktu pelaksanaan proyek menjadi 203 hari atau terlambat 17 hari dari waktu rencana. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengidentifikasi perkiraan biaya dan durasi optimum akibat skenario penambahan jam lembur. Data yang digunakan pada penelitian yaitu data sekunder yang terdiri atas data RAB rencana, RAB realisasi, harga satuan upah pekerja, dan *time schedule*. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode *time cost trade-off* dengan penentuan jalur kritis pada pekerjaan yang terjadi keterlambatan. Analisis pekerjaan kritis dilakukan dengan *software microsoft project 2021*. Skenario penambahan jam lembur dilakukan dengan penambahan 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam, kemudian dibandingkan terhadap biaya yang dikeluarkan. Hasil penelitian didapatkan penambahan waktu lembur yang sesuai yaitu 2 jam dengan *crash cost* sebesar Rp 327.732.031,25 sehingga membuat biaya total menjadi Rp 10.416.191.961,18 dari biaya awal sebesar Rp 10.088.459.929,93 dan memangkas durasi sebesar 17 hari.

**Kata kunci:** Biaya, Waktu, Keterlambatan, *Time Cost Trade Off*, Jam Lembur, proyek jembatan

## ABSTRACT

The Kali Keruh Bridge construction project, Plompong Village has a length of 80 meters with a width of 5.5 meters, a medium-span bridge that is experiencing delays in the construction process. This project was planned to last 186 calendar days, but there was a delay due to weather factors, namely the increase in the volume of river water, making the ground damp. This delay resulted in the project implementation time being 203 days or 17 days behind the planned time. This research aims to identify the estimated costs and optimum duration due to the scenario of adding overtime hours. The data used in the research is secondary data consisting of planned RAB data, realized RAB, worker wage unit prices, and schedule. The method used in this research is the time cost trade-off method by determining the critical path for work where delays occur. Left work analysis was carried out using Microsoft Project 2021 software. The scenario for adding overtime hours was carried out in increments of 1 hour, 2 hours, 3 hours, and 4 hours, then compared to the costs incurred. The research results showed that the appropriate additional overtime was 2 hours with a crash cost of IDR 327,732,031.25, bringing the total cost to IDR 10,416,191,961.18 from the initial cost of IDR 10,088,459,929.93 and cutting the duration by 17 days.

**Keywords:** Costs, Time, Delays, Time Cost Trade-Off, Overtime Hours, bridge projects

## PENDAHULUAN

Manajemen sumber daya manusia merupakan manajemen yang menitik beratkan kepada faktor produksi manusia dengan keseluruhan kegiatan untuk mencapai tujuan perusahaan [8]. Menyelenggarakan proyek, salah satu sumber daya yang menjadi faktor penentu keberhasilannya adalah tenaga kerja [3]. Memperkirakan jumlah tenaga kerja yang diperlukan, yaitu dengan mengkonversikan lingkup proyek dari jumlah jam-orang menjadi jumlah tenaga kerja. Secara teori, keperluan rata-rata jumlah tenaga kerja dapat dihitung dari total lingkup kerja proyek yang dinyatakan dalam jam-orang atau bulan-orang (*man-month*) dibagi dengan kurun waktu pelaksanaan.

Ukuran produktivitas yang sering diamati adalah berkaitan dengan tenaga kerja. Pengertian tenaga kerja menurut Undang-undang Republik Indonesia No. 13 Tahun 2003 adalah setiap orang yang mampu melakukan pekerjaan guna menghasilkan barang atau jasa baik untuk memenuhi kebutuhan sendiri maupun masyarakat. Tenaga kerja dalam bidang konstruksi secara umum terbagi menjadi beberapa bagian bergantung pada tanggung jawab dan keahliannya masing-masing, seperti mandor, kepala tukang dan tukang. Tenaga kerja tersebut bertanggung jawab untuk menyelesaikan dan memberikan output yang baik dengan sumber daya yang tersedia. Tenaga kerja industri konstruksi faktor yang penting untuk keberhasilan proyek, khususnya produktivitas proyek tersebut. Kelangsungan pelaksanaan proyek konstruksi berhubungan dengan produktivitas tenaga kerja serta kesiapan penyediaan tenaga kerja dari satu jenis pekerjaan ke pekerjaan lain sesuai dengan waktu dan jadwal [6].

Produktivitas didefinisikan sebagai rasio antara output dengan input, atau rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Dalam proyek konstruksi, rasio produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi, dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, material, uang, metode dan alat. Keberhasilan atau tidaknya suatu proyek konstruksi tergantung pada efektifitas pengelolaan sumberdaya [2].

Produktivitas merupakan perbandingan antara output dan input. Dibiidang konstruksi, output dapat dilihat dari kuantitas pekerjaan yang telah dilakukan seperti meter kubik galian atau timbunan, ataupun meter persegi untuk plesteran. Sedangkan input merupakan jumlah sumber daya yang dipergunakan seperti tenaga kerja, peralatan dan material. Produktivitas tenaga kerja waktu normal perlu diketahui guna mendapatkan perbandingan dengan produktivitas waktu lembur [10].

Jalur kritis adalah jalur yang terdiri dari kegiatan kritis, Jika dilihat dari prosedur menghitung umur proyek, jalur kritis bisa juga diartikan sebagai jalur yang memiliki waktu terpanjang dari semua jalur yang dinilai dari peristiwa awal hingga peristiwa akhir [9].

Proses *crashing* adalah mereduksi suatu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek. *Crashing* adalah suatu proses disengaja, sistematis dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada

kegiatan yang berada pada lintasan kritis. Sering kali dalam *crashing* terjadi trade off atau pertukaran antara biaya dan waktu [1].

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk melaksanakan percepatan penyelesaian waktu proyek adalah dengan penambahan jumlah jam kerja atau lembur. Kerja lembur (*working time*) dapat dilakukan dengan menambah jam kerja perhari, tanpa menambah jumlah pekerja. Penambahan ini bertujuan untuk memperbesar produksi selama satu hari sehingga penyelesaian suatu aktivitas pekerjaan akan lebih cepat. Hal yang perlu diperhatikan dalam penambahan jam kerja adalah lamanya waktu bekerja seseorang dalam satu hari. Jika seseorang terlalu lama bekerja selama satu hari, maka produktivitas orang tersebut akan menurun karena terlalu lelah [7].

Proyek pembangunan jembatan bentang menengah ini terletak di Kali Keruh dan percepatan direncanakan karena faktor cuaca hujan tinggi pada saat konstruksi yang menyebabkan volume air sungai bertambah dan kondisi tanah menjadi lunak. Pengendalian waktu dapat dilakukan dengan beberapa skenario seperti penambahan jam kerja lembur dan penambahan tenaga pada saat tingginya angka covid-19 sehingga skenario yang memungkinkan adalah penambahan jam kerja lembur. Skenario penambahan jam kerja lembur dapat dilakukan dengan metode *time cost trade off* dimana hasil analisis merupakan perbandingan biaya dan waktu yang paling optimal untuk dapat mengendalikan keterlambatan yang terjadi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi item-item pekerjaan yang mengalami keterlambatan dengan bantuan software *software microsoft project*, mengidentifikasi perkiraan biaya dan durasi optimum akibat penambahan jam lembur, dan menentukan analisis biaya dan durasi optimum dengan biaya dan durasi normal.

### Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan membuat suatu struktur ataupun infrastruktur, yang umumnya mencakup pekerjaan pokok dalam bidang teknik sipil dan arsitektur. Pada proyek konstruksi terdapat berbagai kegiatan, kegiatan proyek merupakan suatu kegiatan sementara dan berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber dana tertentu untuk melaksanakan tugas dengan sasaran yang telah ditetapkan (Ismael, I., 2013).

Menurut Tarore dan Mandagi dalam Maelissa, N. dkk (2021), proyek adalah suatu proses dari gabungan rangkaian aktivitas-aktivitas sementara yang mempunyai titik awal dan titik akhir yang melibatkan berbagai sumber daya yang bersifat terbatas untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan. Menurut Ervianto (2004), ada tiga karakteristik proyek, yaitu:

1. Proyek bersifat unik, keunikan dari proyek konstruksi adalah tidak pernah terjadi rangkaian kegiatan yang sama persis, proyek bersifat sementara dan selalu melibatkan grup pekerja yang berbeda-beda.
2. Membutuhkan sumber daya (*resources*), setiap proyek konstruksi membutuhkan sumber daya dalam penyelesaiannya, yaitu pekerja dan sesuatu

(uang, mesin, metode, material). Pengorganisasian semua sumber daya tersebut dilakukan oleh manajer proyek.

3. Membutuhkan organisasi, setiap organisasi mempunyai keragaman tujuan dimana didalamnya terlibat sejumlah individu dengan ragam keahlian, keterkaitan, kepribadian dan ketidakpastian.

**Lintasan Kritis**

Pada tahap penjadwalan terlebih dahulu harus diketahui durasi setiap pekerjaan pada proyek, dalam penelitian ini untuk mengetahui durasi setiap pekerjaan bisa dengan melihat schedule rencana pada proyek. Setelah durasi setiap pekerjaan diketahui, selanjutnya menentukan hubungan setiap pekerjaan, setelah hubungan setiap pekerjaan selesai dimodelkan kedalam Microsoft project, maka akan didapatkan beberapa item pekerjaan yang berada pada jalur kritis dengan ciri pada bar chart maupun network diagram ditunjukkan garis berwarna dan pekerjaan.

**Microsoft Project**

Microsoft Project merupakan sebuah aplikasi program pengolah lembar kerja untuk manajemen suatu proyek, pencarian data, serta pembuatan grafik. Microsoft Project juga merupakan sistem perencanaan yang dapat membantu dalam Menyusun penjadwalan (*Scheduling*) suatu proyek atau rangkaian pekerjaan. Microsoft Project juga membantu melakukan pencatatan dan pemantauan terhadap pengguna sumber daya (*Resource*), baik yang berupa sumber daya manusia maupun yang berupa peralatan. Program *microsoft project* memiliki beberapa macam tampilan layer, namun sebagai default setiap kali membuka file baru, yang akan ditampilkan adalah *Gantt Chart View*.

**Produktivitas Tenaga Kerja**

Ukuran produktivitas yang sering diamati adalah berkaitan dengan tenaga kerja. Pengertian tenaga kerja menurut Undang-undang Republik Indonesia No. 13 Tahun 2003 adalah setiap orang yang mampu melakukan pekerjaan guna menghasilkan barang atau jasa baik untuk memenuhi kebutuhan sendiri maupun masyarakat. Tenaga kerja dalam bidang konstruksi secara umum terbagi menjadi beberapa bagian bergantung pada tanggung jawab dan keahliannya masing-masing, seperti mandor, kepala tukang dan tukang. Tenaga kerja tersebut bertanggung jawab untuk menyelesaikan dan memberikan output yang baik dengan sumber daya yang tersedia.

Produktivitas didefinisikan sebagai rasio antara output dengan input, atau rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Dalam proyek konstruksi, rasio produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi, dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, material, uang, metode dan alat. Keberhasilan atau tidaknya suatu proyek konstruksi tergantung pada efektifitas pengelolaan sumber daya (Ervianto, 2002).

Menurut Tamamengka, dkk (2016), nilai produktivitas dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P = \frac{O}{I} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

P = Produktivitas (m<sup>2</sup>/jam)

O = Output (m<sup>2</sup>)

I = Input (Jam)

**Produktivitas Kerja Lembur**

Salah Satu strategi untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah dengan menambah jam kerja (Lembur) para pekerja maupun alat berat. Semakin besar penambahan jam kerja dapat menimbulkan penurunan produktivitas. Penambahan jam kerja bisa dilakukan dengan melakukan penambahan 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam sesuai dengan waktu penambahan yang diinginkan. Semakin besar penambahan jam lembur dapat menimbulkan penurunan produktivitas, indikasi penurunan produktivitas pekerja terhadap penambahan jam kerja dapat dilihat berdasarkan koefisien penurunan produktivitas yang ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Koefisien Penurunan Produktivitas

Jam Lembur	Penurunan Indeks Produktivitas	Prestasi kerja
1 Jam	0,1	90
2 Jam	0,2	80
3 Jam	0,3	70
4 Jam	0,4	60

(Sumber: M. Priyo & M. R. Aulia, 2015)

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung Crash Duration antara lain sebagai berikut:

$$Produktivitas \text{ harian} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Durasi normal}} \dots\dots\dots (2)$$

$$Produktivitas \text{ per jam} = \frac{\text{Produktivitas normal per hari}}{\text{Jam kerja normal}} \dots\dots (3)$$

$$\begin{aligned} &Produktivitas \text{ lembur} \\ &= Produktivitas \text{ per jam} \times \text{Koef. penurunan produktivitas} \\ &\text{per jam} \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

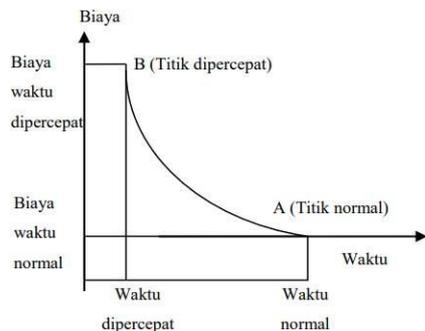
$$\begin{aligned} &Produktivitas \text{ crash per jam} \\ &= (\text{jam normal} \times \text{produktivitas/jam}) \\ &\quad + (\text{jam lembur} \times \text{Koef. Penurunan} \times \\ &Produktivitas \text{ jam} \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

$$\text{Crash duration} = \frac{\text{Volume item pekerjaan}}{\text{Produktivitas crash per hari}} \dots\dots\dots (6)$$

**Percepatan Durasi Proyek (Crashing)**

Menurut Dimiyati & Nurjaman (2014), Proses crashing adalah mereduksi suatu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek. *Crashing* adalah suatu proses disengaja, sistematis dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada

lintasan kritis. Sering kali dalam *crashing* terjadi *trade off* atau pertukaran antara biaya dan waktu. Hubungan antara biaya dan waktu pada metode *crashing* digambarkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Grafik Hubungan Biaya dan Waktu Pada Metode Crashing [9]

**Time Cost Trade-Off**

Menurut Ervianto (2004), pengertian *Time Cost Trade Off* adalah suatu proses yang disengaja, sistematis dan analitis dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. Percepatan penyelesaian suatu proyek dengan melakukan kompresi durasi aktivitas, diusahakan agar penambahan biaya yang dikeluarkan seminimal mungkin. Pada analisis *time cost trade off* ini, berubahnya waktu penyelesaian proyek maka berubah pula biaya yang dikeluarkan. Apabila waktu pelaksanaan dipercepat maka biaya langsung (*direct cost*) proyek akan bertambah dan biaya tak langsung (*indirect cost*) proyek akan berkurang.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk melaksanakan percepatan penyelesaian waktu proyek adalah dengan penambahan jumlah jam kerja atau lembur. Kerja lembur (*working time*) dapat dilakukan dengan menambah jam kerja perhari, tanpa menambah jumlah pekerja. Penambahan ini bertujuan untuk memperbesar produksi selama satu hari sehingga penyelesaian suatu aktivitas pekerjaan akan lebih cepat. Hal yang perlu diperhatikan dalam penambahan jam kerja adalah lamanya waktu bekerja seseorang dalam satu hari. Jika seseorang terlalu lama bekerja selama satu hari, maka produktivitas orang tersebut akan menurun karena terlalu lelah (Suryanto, 2017).

TCTO juga merupakan *schedule compression* untuk mendapatkan proyek yang lebih menguntungkan dari segi waktu (durasi), biaya dan pendapatan yang bertujuan untuk memadatkan proyek dengan durasi yang dapat diterima dan meminimalkan total biaya proyek. Ditentukan pula prosedur mempersingkat waktu.

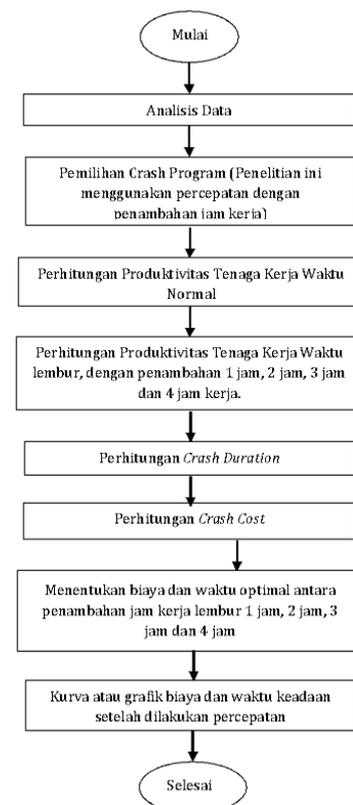
**METODE**

Pembangunan jembatan Kali Keruh Plompong, Kecamatan Sirampog terdapat pada Kabupaten Brebes, Jawa Tengah. Lokasi penelitian seperti pada Gambar 2. Data yang digunakan pada penelitian ini data sekunder yang

bersumber dari PT. Cipta Adhi Guna. Pendekatan penelitian ini dilakukan dengan cara kuantitatif. Diawali dengan proses pengumpulan data dan dianalisis dengan tujuan menguji hipotesis yang telah ditentukan sebelum dilakukan penelitian dimulai. Tahapan Penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi masalah yang akan dibahas, mengumpulkan literasi yang dapat mendukung pembahasan, pengumpulan data berupa RAB proyek, kurva S rencana dan aktual, serta daftar harga satuan pekerjaan tahun 2021, menginput dan mengolah data menggunakan bantuan *software microsoft office*, melakukan perhitungan biaya dan durasi sebelum dan sesudah dipercepat serta menentukan hasil analisis dalam bentuk kalimat dan grafik. Tahapan penelitian secara rinci dengan menggunakan metode *time cost trade off*. Tahapan penelitian seperti pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Lokasi Penelitian



**Gambar 3.** Tahapan Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Penjadwalan Proyek**

Proyek pembangunan Jembatan Kali Keruh Desa Plompong, Kecamatan Sirampog, Kabupaten Brebes menggunakan metode penjadwalan yang digambarkan dalam bentuk kurva S. Penjadwalan pelaksanaan pada proyek menjadi acuan dalam perhitungan produktivitas dan analisis percepatan. Durasi pada proyek pembangunan jembatan plompong brebes ini direncanakan selesai pada 186 hari kalender, akan tetapi beberapa pekerjaan mengalami keterlambatan akibat cuaca, seperti pekerjaan perbaikan tanah, pekerjaan galian, timbunan dan pemadatan serta pekerjaan tanah dan beton untuk talud dan oprit jembatan sehingga durasi bertambah 17 hari menjadi 203 hari.

**Lintasan Kritis**

Pengendalian keterlambatan pekerjaan dilakukan dengan mempercepat pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis sehingga dapat mengembalikan durasi keseluruhan proyek sesuai yang direncanakan. Pekerjaan yang akan dilakukan percepatan, yaitu pekerjaan Latasir Kelas B, Pekerjaan baja tulangan polos BjTP 280 dan pekerjaan tiang bor pada talud serta pekerjaan BjTP 280 dan pemasangan rangka baja pada pekerjaan struktur atas jembatan.

**Produktivitas Tenaga Kerja Waktu Normal**

Produktivitas waktu normal didapatkan dengan membagi volume pekerjaan dengan durasi normal pekerjaan. Berikut merupakan contoh perhitungan produktivitas tenaga kerja di waktu normal untuk pekerjaan pemasangan struktur jembatan rangka baja standar.

$$\text{Produktivitas Tenaga Kerja} = \frac{200.498}{77} = 2.610,233 \text{ kg/hari}$$

Produktivitas tenaga kerja waktu normal untuk pekerjaan struktur atas jembatan, yaitu pekerjaan pemasangan rangka baja standar didapatkan hasil sebesar 2.603,87 kg. Komposisi pekerja untuk melaksanakan pekerjaan pemasangan rangka baja jembatan, yaitu 20 pekerja, 5 tukang dan 1 mandor.

**Produktivitas Tenaga Kerja Waktu Lembur**

Salah satu strategi untuk mempercepat waktu pelaksanaan proyek adalah dengan menambah jam kerja (lembur) para pekerja. Penambahan jam kerja bisa dilakukan dengan melakukan penambahan jam kerja lembur sesuai dengan penambahan waktu yang diinginkan [7]. Semakin besar penambahan jam lembur dapat menimbulkan penurunan produktivitas (Produktivitas tenaga kerja di waktu lembur merupakan produktivitas atau *output* yang dapat dihasilkan pekerja dalam setiap jam lembur dimana pada penelitian ini menggunakan 4 skenario penambahan jam lembur, yaitu penambahan 1 jam lembur, 2 jam lembur, 3 jam lembur dan 4 jam lembur. Perhitungan dibawah ini menggunakan perhitungan untuk

percepatan 2 jam lembur sebagai contoh. Perhitungan produktivitas tenaga kerja di waktu lembur pada pekerjaan pemasangan rangka baja adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas/jam} &= \frac{200.498}{77} \\ &= \frac{2.610,233}{8} \\ &= 325,483 \text{ kg /jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Lembur Jam ke-2} &= \text{Prod./jam} \times \text{Koef.} \\ \text{Penurunan Produktivitas 2 jam Lembur} &= 325,483 \times 0,8 \\ &= 260,386 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Crash/hari 2 jam} &= (\text{Jam kerja normal} \times \text{Prod./jam}) + (\text{Jam) lembur} \times \text{Koef. Penurunan} \times \text{Prod. Jam}) \\ &= (8 \times 325,483) + (2 \times 0,8 \times 325,483) = 3.124,637 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Produktivitas atau output yang dapat dihasilkan tenaga kerja di waktu lembur pada skenario penambahan 2 jam lembur adalah sebesar 3.124,637 kg/hari. Hasil lengkap untuk keseluruhan skenario akan ditampilkan dalam tabel rekap pada akhir pembahasan.

**Percepatan Durasi (Crash Duration)**

$$\text{Crash Duration} = \frac{200.498}{3.124,637} = 64 \text{ hari}$$

Durasi pelaksanaan pekerjaan pemasangan rangka baja standar pada pekerjaan bangunan atas setelah dilakukan penambahan 2 jam lembur adalah 64 hari atau dipercepat 13 hari dari durasi normal, yaitu 77 hari.

**Perhitungan Biaya Lembur**

Perhitungan untuk biaya lembur dilakukan setelah mendapatkan nilai *crash duration*. Adapun perhitungan untuk biaya lembur, yaitu sebagai berikut.

1. Biaya Upah Normal  
 Biaya Normal (Pekerja) = Jumlah Pekerja × Durasi × Upah = 20 × 77 × Rp 115.000,00 = Rp 177.100.000,00  
  
 Biaya Normal (Tukang) = Jumlah Pekerja × Durasi × Upah = 5 × 77 × Rp 140.000,00 = Rp 53.900.000,00.  
  
 Biaya Normal (Mandor) = Jumlah Pekerja × Durasi × Upah = 1 × 77 × Rp 140.000,00 = Rp 10.780.000,00  
  
 Biaya Upah Normal Total = ΣBiaya Upah Total = Rp 241.780.000,00

$$\begin{aligned} 2. \text{ Biaya/Volume} &= \frac{\text{Biaya Upah Total}}{\text{Volume Pekerjaan}} \\ &= \frac{241.780.000}{200.498} = \text{Rp } 1.205,00 \end{aligned}$$

3. Biaya Normal/Jam

$$= \text{Produktivitas/Jam} \times \text{Biaya/Volume} = 325,483 \times 1.205,00 = \text{Rp } 392.500,00$$

$$4. \text{ Biaya Lembur 2 Jam} = \frac{\text{Biaya Normal/hari}}{\text{Waktu Kerja}} \times 2 = \frac{3.140.000}{8} \times 2 = \text{Rp } 785.000,00$$

$$5. \text{ Crash Cost/hari 2 jam} = \text{Biaya Normal} + \text{Biaya Lembur} = 3.140.000,00 + (588.750,00 + 785.000,00) = \text{Rp } 4.513.750,00$$

*Crash Cost* merupakan biaya langsung yang dikeluarkan untuk melakukan pembayaran upah kepada tenaga kerja setelah waktu lembur ditambahkan. Penambahan 2 jam kerja lembur mengeluarkan biaya sebesar Rp 289.632.291,67.

### Cost Slope

*Cost slope* merupakan biaya per satuan waktu untuk memperpendek penyelesaian proyek atau perbandingan

antara penambahan biaya dengan percepatan waktu penyelesaian. perhitungan untuk *cost slope* untuk pekerjaan pemasangan rangka baja standar pada pekerjaan struktur bangunan atas jembatan, yaitu sebagai berikut.

$$1. \text{ Penambahan 2 jam lembur} = \frac{289.632.291,67 - 241.780.000,00}{77-64} = \text{Rp } 3.728.750,00$$

*Cost slope* pekerjaan pemasangan rangka baja standar untuk pekerjaan struktur bangunan atas jembatan dengan penambahan 2 jam lembur adalah sebesar Rp 3.728.750,00.

### Rekapitulasi Analisis Biaya dan Waktu

Analisis percepatan pada proyek ini dilakukan berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 35 Tahun 2021 dengan melakukan pengujian penambahan 4 skenario, yaitu skenario dengan menambahkan jam kerja 1 jam, 2 jam kerja, 3 jam kerja dan 4 jam kerja. Hasil dari perhitungan percepatan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Rekapitulasi percepatan seluruh pekerjaan proyek

Jenis Percepatan	Durasi		Pengurangan Durasi	Biaya Pekerjaan		Penambahan Biaya (Rp)
	Normal	Dipercepat		Normal (Rp)	Dipercepat (Rp)	
1 Jam	203	192	11	10.088.459.929,93	10.380.488.862,51	292.028.932,58
2 Jam		186	17		10.416.191.961,18	327.732.031,25
3 Jam		181	22		10.454.142.850,72	365.682.920,79
4 Jam		178	25		10.496.206.804,93	407.746.875,00

**Tabel 3.** Nilai efisiensi biaya dan waktu

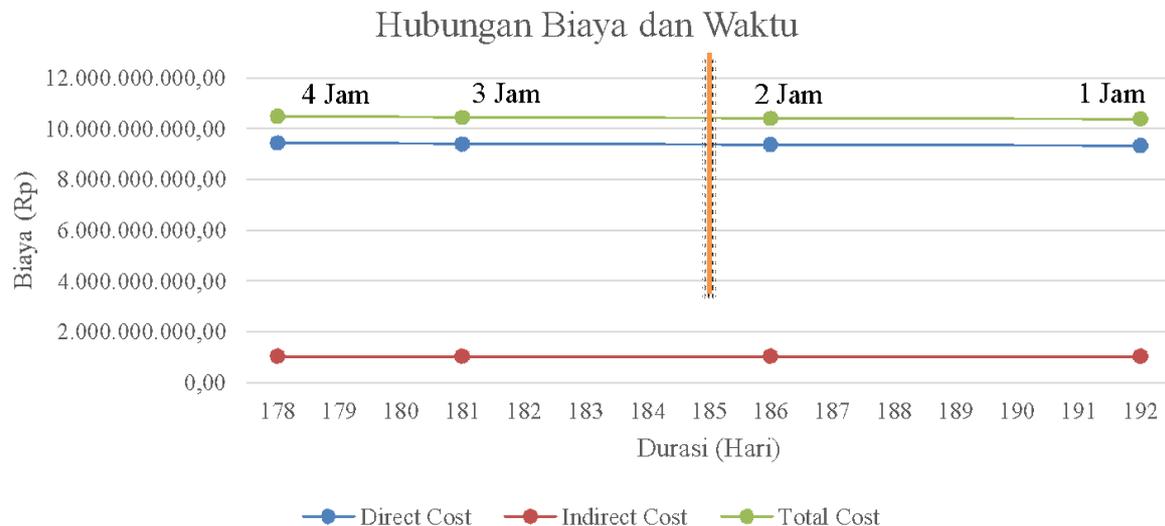
Jenis Percepatan	Durasi		Pengurangan Durasi	Biaya Pekerjaan		Efisiensi Biaya (%)	Efisiensi Waktu (%)
	Normal	Dipercepat		Normal (Rp)	Dipercepat (Rp)		
1 Jam	203	192	11	10.088.459.929,93	10.380.488.862,51	0,029	0,054
2 Jam		186	17		10.416.191.961,18	0,032	0,084
3 Jam		181	22		10.454.142.850,72	0,036	0,108
4 Jam		178	25		10.496.206.804,93	0,040	0,123

Penambahan jam lembur yang paling memungkinkan untuk mengejar keterlambatan selama 17 hari, yaitu dengan melakukan penambahan 2 jam lembur dengan biaya penambahan sebesar Rp 327.732.031,25 untuk keseluruhan pekerjaan dan menyebabkan durasi pekerjaan menjadi 186 hari, memangkas 17 hari dari durasi normal, yaitu 203 hari serta nilai efisiensi biaya dan waktu untuk percepatan keseluruhan pekerjaan. Meskipun nilai efisiensi

biaya dan waktu pada penambahan 2 jam lembur tidak memiliki nilai tertinggi, namun penambahan 2 jam lembur sudah dapat mengendalikan keterlambatan yang terjadi.

### Grafik Hubungan Biaya dan Waktu

Grafik hubungan dan perbandingan *direct cost*, *indirect cost* dan *total cost* untuk seluruh skenario penambahan dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Grafik hubungan biaya dan waktu seluruh skenario

Pemilihan percepatan menggunakan skenario 2 jam lembur pada proyek ini merupakan percepatan jam lembur paling optimal karena biaya langsung yang dikeluarkan tidak terlalu besar dibanding dua percepatan di atasnya dan sudah mampu untuk menanggulangi keterlambatan pada proyek sehingga waktu penyelesaian proyek sesuai dengan yang direncanakan.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis pada Pembangunan Jembatan Kali Keruh, Desa Plompong, dapat disimpulkan bahwa pekerjaan-pekerjaan yang terlambat merupakan pekerjaan yang produktivitasnya menurun akibat faktor cuaca hujan, seperti pekerjaan perbaikan tanah, pekerjaan galian, timbunan dan pemadatan serta pekerjaan tanah dan beton untuk talud dan oprit jembatan. Berdasarkan perhitungan dan analisis durasi setiap item pekerjaan, penambahan 2 jam lembur merupakan penambahan yang optimum dengan efisiensi biaya sebesar 0,038% dan efisiensi waktu sebesar 0,167%. Biaya yang dikeluarkan untuk penambahan 2 jam lembur pada pekerjaan pemasangan rangka baja standar, yaitu sebesar Rp 289.632.291,67 dan mempersingkat 13 hari durasi proyek dari 77 hari menjadi 64 hari. Sehingga penambahan 2 jam lembur pada proyek pembangunan jembatan Kali Keruh, Desa Plompong, menyebabkan terjadi nya kenaikan biaya sebesar Rp 327.732.031,25 menjadi Rp 10.416.191.961,18 dari nilai awal kontrak, yaitu Rp 10.088.459.929,93. Penambahan 2 jam lembur juga memangkas 17 hari durasi proyek dari durasi proyek realisasi, yaitu 203 hari.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Dimiyati & Nurjaman. 2014. Manajemen Proyek. Pustaka Setia. Bandung  
 [2] Ervianto. 2004. Teori – Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi. Andi. Yogyakarta  
 [3] Fajar, M. N. (2019). Analisis Perbandingan Biaya Dan Waktu Pengecoran Menggunakan Concrete Pump Dan Concrete Bucket.

[4] Frederika, A. (2010). Analisis Percepatan Pelaksanaan Dengan Menambah Jam Kerja Optimum Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Super Villa, Petitenget-Badung). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 14(2).  
 [5] Ismael, I. (2013). Keterlambatan Proyek Konstruksi Gedung Faktor Penyebab dan Tindakan Pencegahannya. *Jurnal Momentum ISSN: 1693-752X*, 14(1).  
 [6] Norjana, N., & Zulfiati, R. (2020). Analisa Produktivitas Tenaga Kerja terhadap Pekerjaan Kolom Dan Balok Beton Bertulang. *Jurnal Talenta Sipil*, 3(2), 82-86.  
 [7] Priyo, M., & Paridi, M. R. A. (2018). Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi Pembangunan Gedung Olah Raga (Gor). *Semesta Teknika*, 21(1), 72-84.  
 [8] Supriyadi, I., Khamdari, E., & Susilowati, F. (2020). Peran manajemen sumber daya manusia dalam peningkatan kinerja perusahaan konstruksi. *Orbith: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa dan Sosial*, 16(1), 27-34  
 [9] Wiratmani, E. (2015). Penerapan metode jalur kritis dalam penyusunan jadwal pelaksanaan proyek pembangunan fasilitas rumah karyawan. *Faktor Exacta*, 6(3), 210-217.  
 [10] Wowor, F. N., Sompie, B. F., Walangitan, D. R. O., & Malingkas, G. Y. (2013). Aplikasi Microsoft Project dalam Pengendalian Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Proyek. *Jurnal Sipil Statik*, 1(8).