

Analisis Biaya dan Waktu Menggunakan *Crashing Method* pada Proyek Peningkatan Jalan Banyakan – Tiron Kediri

Muhammad Yusuf Mahendra¹, Wateno Oetomo²

^{1,2}Fakultas Teknik/Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jl. Semolowaru No. 45, Menur Pumpungan, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur

¹E-mail: yusufmahendra95@gmail.com

²E-mail: wateno@untag-sby.ac.id

Abstract — In the world of construction, time, quality, and cost are three important components in a construction project planning. Therefore, in a construction project, project control is needed. The wide scope of project work is a driving factor that project work can experience a time delay problem. Project delays can be anticipated by accelerating (crashing) which in its implementation must still pay attention to cost factors. Crashing is a deliberate, systematic and analytical process by testing all activities in a project centered on activities that are on the critical path. Accelerating the time of each activity definitely causes the project completion time to be faster. But the acceleration of the time of these activities will also affect the project in terms of cost. This research was conducted on the Banyakan - Tiron Kediri Road Improvement Project, where the achievement of field progress in week 11, the project experienced a delay of 16.90% with a progress value of 14.72% of the planned progress of 31.62%. This research was conducted with alternatives to increase working hours (overtime) and increase the number of workers. The acceleration results of the two alternatives are compared and the most optimal acceleration alternative is sought. The results of the analysis of the acceleration with the crashing method with alternative additional working hours obtained the total duration of the project to 112 days, from the total duration of the normal condition project for 135 days. Then there was a change in the total cost of the project which previously amounted to Rp. 7,446,453,000.00 to Rp. 7,407,272,294.12. Meanwhile, in the alternative of increasing the number of workers, the total duration of the project is 94 days, from the total duration of the normal condition project for 135 days. Then there was a change in the total cost of the project which previously amounted to Rp. 7,446,453,000.00 to Rp. 7,333,584,952.22. Of the two alternatives, the most efficient alternative to accelerate work completion is to increase the number of workers.

Keywords: duration; cost; crashing; overtime; manpower.

Abstrak — Dalam dunia konstruksi, waktu, mutu, dan biaya adalah tiga komponen penting dalam suatu perencanaan suatu proyek konstruksi. Oleh karena itu, dalam suatu proyek konstruksi diperlukan adanya pengendalian proyek. Ruang lingkup pekerjaan proyek yang begitu luas menjadi faktor pendorong bahwa suatu pekerjaan proyek dapat mengalami suatu masalah keterlambatan waktu. Keterlambatan proyek dapat diantisipasi dengan melakukan percepatan (crashing) yang dalam pelaksanaannya harus tetap memperhatikan faktor biaya. Crashing adalah suatu proses yang disengaja, sistematis dan analitik dengan melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. Percepatan waktu setiap kegiatan pasti menyebabkan waktu selesainya proyek menjadi lebih cepat. Tetapi percepatan waktu kegiatan-kegiatan ini juga akan mempengaruhi proyek dari segi biaya. Penelitian ini dilakukan pada Proyek Peningkatan Jalan Banyakan – Tiron Kediri, dimana pencapaian progres lapangan pada minggu ke-11, proyek mengalami keterlambatan sebesar 16,90% dengan nilai progres sebesar 14,72% dari progres rencana sebesar 31,62%. Penelitian ini dilakukan dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan jumlah pekerja. Hasil percepatan dari kedua alternatif tersebut dibandingkan dan dicari alternatif percepatan yang paling optimal. Hasil analisis dari percepatan dengan metode crashing dengan alternatif penambahan jam kerja didapatkan durasi total proyek menjadi 112 hari, dari total durasi proyek kondisi normal selama 135 hari. Kemudian terjadi perubahan biaya total proyek yang sebelumnya sebesar Rp. 7.446.453.000,00 menjadi Rp. 7.407.272.294,12. Sedangkan pada alternatif penambahan jumlah pekerja durasi total proyek menjadi 94 hari, dari total durasi proyek kondisi normal selama 135 hari. Kemudian terjadi perubahan biaya total proyek yang sebelumnya sebesar Rp. 7.446.453.000,00 menjadi Rp. 7.333.584.952,22. Dari kedua alternatif tersebut, maka alternatif yang paling efisien untuk mempercepat penyelesaian pekerjaan adalah dengan menambah jumlah tenaga kerja.

Kata-kata kunci: durasi; biaya; crashing; lembur; tenaga kerja.

I. PENDAHULUAN

Dalam dunia konstruksi, waktu, mutu, dan biaya adalah tiga komponen penting dalam suatu perencanaan suatu proyek konstruksi. Tiga komponen tersebut telah terikat dalam kontrak sebelum pelaksanaan pekerjaan konstruksi dikerjakan. Oleh karena itu, dalam suatu proyek konstruksi diperlukan adanya pengendalian proyek (Santoso, 2017).

Pengendalian proyek konstruksi merupakan suatu kegiatan atau usaha sistematis untuk menentukan standart yang sesuai dengan tujuan perencanaan, membandingkan 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 konstruksi yang diinginkan.

Ruang lingkup pekerjaan proyek yang begitu luas menjadi faktor pendorong bahwa suatu pekerjaan proyek dapat mengalami suatu masalah keterlambatan waktu. Secara umum, keterlambatan dapat disebabkan karena terjadinya perubahan desain, pengaruh cuaca, tidak terpenuhinya kebutuhan pekerja, material atau peralatan, hingga pengaruh keterlibatan pemilik proyek. Keterlambatan tersebut dapat menimbulkan kerugian berupa pembengkakan waktu dan biaya (Poerba & Indryani, 2022). Keterlambatan proyek dapat diantisipasi dengan melakukan percepatan (*crashing*) yang dalam pelaksanaannya harus tetap memperhatikan faktor biaya.

Crashing adalah suatu proses yang disengaja, sistematis dan analitik dengan melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis (Olivia & Puspari, 2019). Percepatan waktu setiap kegiatan pasti menyebabkan waktu selesainya proyek menjadi lebih cepat. Tetapi percepatan waktu kegiatan-kegiatan ini juga akan mempengaruhi proyek dari segi biaya. Pertambahan biaya yang dikeluarkan diharapkan semimumum mungkin dan tetap memperhatikan standart mutu yang direncanakan. Percepatan dilakukan pada kegiatan-kegiatan yang berada pada lintasan kritis yang diperoleh dari analisa menggunakan bantuan aplikasi (*software*) *Microsoft Project 2016*.

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Peningkatan Jalan Banyak – Tiron Kediri, dimana pencapaian progres lapangan pada

minggu ke-11, proyek mengalami keterlambatan sebesar 16,90% dengan nilai progres sebesar 14,72% dari progres rencana sebesar 31,62%. Keterlambatan terjadi akibat material perancah (Bekisting) tidak siku dan mempengaruhi proses penghamparan beton.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka akan dilakukan *crashing* pada pekerjaan yang berada dilintasan kritis dengan upaya untuk mengatasi keterlambatan. Penelitian ini dilakukan dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan jumlah pekerja. Setelah dilakukan percepatan, selanjutnya dilakukan analisis lama waktu yang berhasil dipercepat dan kebutuhan biaya yang dibutuhkan selama proses percepatan untuk masing-masing alternatif. Hasil percepatan dari kedua alternatif tersebut dibandingkan dan dicari alternatif percepatan yang paling optimal.

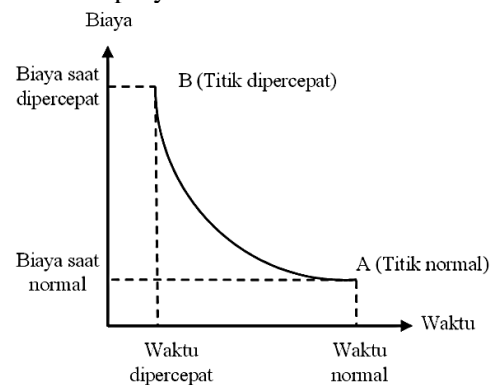
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan sementara yang dilakukan dalam jangka waktu terbatas dalam rangkaian kegiatan tersebut terdapat proses yang mengolah sumber daya yang meliputi pendanaan, pengadaan material/alat, dan pengkoordinasian tenaga kerja menjadi suatu bentuk bangunan. Untuk menyelesaikan suatu proyek konstruksi, harus berpegang pada batasan tiga kendala (*triple constrain*), yakni anggaran (biaya), jadwal (waktu), dan mutu.

2.2 Hubungan Antara Waktu dan Biaya

Biaya total proyek sangat bergantung dari waktu pelaksanaan proyek.



Gambar 1. Grafik hubungan waktu dan biaya normal dan dipercepat.

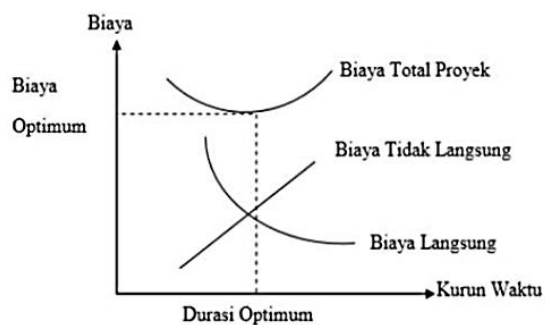
Pada Gambar 1. menunjukkan biaya proyek normal yang berada pada titik A akan

mengalami kenaikan biaya ketika dilakukan percepatan waktu penyelesaian proyek. Dengan adanya perubahan durasi pelaksanaan proyek akan mempengaruhi biaya proyek tersebut. Sehubungan dengan ini, maka diperlukan perencanaan waktu yang tepat sehingga dihasilkan biaya yang optimum.

2.3 Modal Tetap Proyek

Biaya merupakan salah satu faktor penting dalam menunjang keberlangsungan proyek. Menurut (Soeharto, 1999) dikutip dalam (Candra, 2018) modal tetap proyek adalah bagian dari biaya proyek yang dipakai untuk membangun instalasi atau menghasilkan produk proyek yang diinginkan, mulai dari pengeluaran studi kelayakan, desain *engineering*, pengadaan, pabrikasi, konstruksi sampai instalasi atau produk tersebut berfungsi.

Biaya total proyek merupakan penjumlahan dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung adalah kompone biaya yang berkaitan langsung dengan volume pekerjaan yang tertera dalam item pembayaran yang berupa biaya upah pekerja, operasi peralatan, dan material. Sedangkan biaya tidak langsung adalah biaya yang tidak berkaitan secara langsung dalam pelaksanaan proyek konstruksi, namun memiliki support dalam pelaksanaan proyek seperti biaya *overhead*.



Gambar 2. Grafik hubungan waktu dengan biaya total, biaya langsung, dan biaya tidak langsung

Gambar 2. Menunjukkan semakin pendek durasi proyek, maka biaya langsung yang dikeluarkan semakin besar. Berbanding terbalik dengan biaya tidak langsung, semakin pendek durasi proyek, maka biaya tidak langsung yang dikeluarkan semakin kecil. Sehingga, untuk mendapatkan biaya yang optimum dari percepatan diperlukan perencanaan yang cukup

baik, sehingga dapat menekan biaya yang akan dikeluarkan.

2.4 Network Planning

Jaringan kerja (*Network planning*) prinsipnya adalah suatu hubungan ketergantungan antara masing-masing pekerjaan yang digambarkan dalam sebuah bentuk diagram network, dapat dikemukakan bagian-bagian pekerjaan yang harus didahulukan, sehingga dapat dijadikan dasar untuk melakukan pekerjaan selanjutnya (Lilyana, 2020). Metode ini terbilang lebih rumit daripada metode *barchart*, karena hubungan antar kegiatan terlihat lebih jelas, dan dapat memperlihatkan kegiatan kritis. Lintasan kritis adalah jalur penyelesaian kegiatan yang terpanjang, juga menyiratkan bahwa perubahan waktu penyelesaian kegiatan-kegiatan pada jalur kritis mempengaruhi waktu penyelesaian suatu proyek. Sehingga pekerjaan yang akan dipercepat adalah pekerjaan yang berada dilintasan kritis.

2.5 Crashing

Menurut (Ervianto, 2004) dikutip dalam (Olivia & Puspasari, 2019) *Crashing* adalah suatu proses yang disengaja, sistematis dan analitik dengan melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. Dalam proses *crashing* adalah cara melakukan perkiraan dari variable *cost* untuk menentukan pengurangan durasi yang paling maksimal dengan biaya yang paling optimal dari kegiatan yang masih mungkin untuk direduksi.

Metode *crashing* dilakukan dengan tujuan agar pekerjaan selesai dengan pertukaran silang waktu dan biaya dengan alternatif yang digunakan sebagai komponen biaya langsung. Ada beberapa macam alternatif yang dapat digunakan untuk melakukan percepatan, antara lain alternatif penambahan jam kerja (*lembur*), alternatif penambahan jumlah tenaga kerja, alternatif pergantian atau penambahan peralatan, alternatif sistem *shift* kerja, dan penggunaan metode konstruktif yang efektif

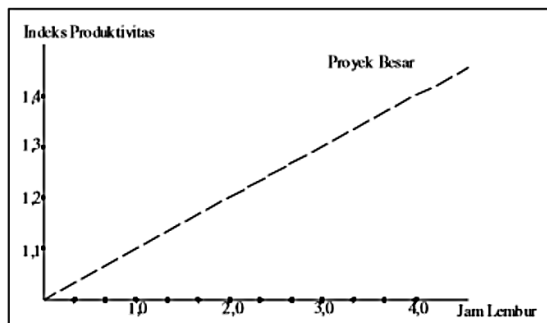
Konsekuensi dari penerapan metode *crashing* ini berakibat pada kenaikan komponen biaya langsung, namun sebaliknya pada komponen biaya tidak langsung akan mengalami penurunan dikarenakan diperpendekan durasi pekerjaan.

Adapun tahapan dalam proses *crashing*, sebagai berikut :

- a. Membuat network planning dari rangkaian kegiatan
- b. Menghitung durasi penyelesaian proyek
- c. Menentukan biaya normal dari masing-masing kegiatan
- d. Menentukan biaya percepatan dari masing-masing kegiatan
- e. Menghitung *cost slope* dari masing-masing kegiatan pada kedua alternatif.
- f. Melakukan analisa biaya dan waktu percepatan dengan mereduksi durasi kegiatan yang akan dipercepat.
- g. Mengukur presentase efisiensi waktu dan biaya proyek setelah dilakukan percepatan

2.6 Alternatif Penambahan Jam Kerja

Penambahan jam kerja (lembur) dilakukan setelah jam kerja normal berakhir. Alternatif ini dapat dilakukan dengan cara menambah jam kerja setiap harinya, tanpa menambah jumlah tenaga kerja. Kerja lembur memiliki tingkat bahaya dan pekerjaan akan sangat berat. Oleh karena ini, kerja lembur harus mendapatkan tambahan lebih besar dari upah kerja normal (Nardiansyah & Intansari, 2022). Semakin besar penambahan jam kerja lembur yang diterapkan maka konsekuensinya adalah menimbulkan penurunan produktivitas yang dapat dilihat pada Gambar 3. Penurunan produktivitas tenaga kerja pada saat lembur disebabkan karena kelelahan, keterbatasan pandangan pada malam hari, dan keadaan cuaca (dingin).



Gambar 3. Grafik indeks penurunan produktivitas kerja lembur

Dari pernyataan diatas, maka untuk analisis durasi percepatan (*crash duration*), sebagai berikut:

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

$$\text{Profektivitas tiap jam} = \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja perhari}} \quad (2)$$

$$\text{Produktivitas sesudah crash} = (\text{Jam kerja per hari} \times \text{Produktivitas tiap jam}) + (a \times b \times \text{Produktivitas tiap jam}) \quad (3)$$

Dengan :

a = lama penambahan jam kerja (lembur)

b = koefisien prestasi kerja akibat penurunan produktivitas

Nilai koefisien penurunan produktivitas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien Penurunan Produktivitas

Jam	Penurunan	Prestasi
1jam	0,1	90
2 Jam	0,2	80
3 Jam	0,3	70
4 Jam	0,4	60

$$\text{Crash duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas sesudah crash}} \quad (4)$$

2.7 Alternatif Penambahan Jumlah Pekerja

Pada alternatif penambahan jumlah tenaga kerja dapat dilakukan dengan menambah jumlah tenaga kerja pada setiap pekerjaan. Namun, dalam penambahan tenaga kerja yang perlu diperhatikan adalah ruang kerja yang tersedia apakah terlalu sesak atau cukup luas, karena penambahan tenaga kerja pada suatu aktivitas tidak boleh mengganggu pemakaian tenaga kerja lain untuk aktivitas yang lain dan sedan berjalan pada saat yang sama (Djau et al., 2021).

Dari penjelasan diatas maka untuk perhitungan penambahan jumlah pekerja, sebagai berikut :

Jumlah tenaga kerja normal =

$$\frac{(\text{Koefisien tenaga kerja} \times \text{Volume})}{\text{Durasi normal}} \quad (5)$$

Produktivitas normal perhari =

$$\frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}} \quad (6)$$

Produktivitas pekerja perhari =

$$\frac{\text{Produktivitas perhari}}{\text{Jumlah pekerja normal}(Tn)} \quad (7)$$

Produktivitas *crash* =

$$\text{Produktivitas pekerja/hari} \times \text{Jumlah pekerja} \\ \text{crash (Tc)} \quad (8)$$

$$\text{Crash duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas sesudah crash}} \quad (9)$$

2.8 Biaya Tambahan Percepatan (*Crash Cost*)

Penambahan waktu kerja akan menambah besar biaya untuk tenaga kerja dari biaya normal tenaga kerja. Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7, dan pasal 11 diperhitungkan bahwa upah penambahan kerja bervariasi. Pada penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah per jam waktu normal, pada penambahan jam kerja berikutnya maka pekerja akan mendapatkan dua kali upah per jam waktu normal.

Perhitungan untuk biaya tambahan pekerja akibat alternatif penambahan jam kerja (lembur) sebagai berikut :

$$\text{Upah normal pekerja perhari} = \\ \text{Lama jam kerja perhari} \times \text{Harga satuan upah} \\ \text{pekerja} \quad (10)$$

Upah normal perjam =

$$\frac{\text{Upah normal perhari}}{\text{Jam kerja normal}} \quad (11)$$

$$\text{Biaya lembur pekerja 1 jam pertama} = \\ 1,5 \times \text{Upah normal perjam} \quad (12)$$

$$\text{Biaya lembur pekerja 2 jam selanjutnya} = \\ 2 \times \text{Upah normal perjam} \quad (13)$$

$$\text{Biaya lembur total} = \\ \text{Upah normal perhari} + \text{Upah lembur 1 jam} \\ \text{pertama} + \text{Upah lembur 2 jam selanjutnya} + \\ \text{Upah lembur jam berikutnya} \quad (14)$$

$$\text{Crash cost} = \\ \text{Jumlah upah lembur perhari} \times \text{Jumlah pekerja} \times \\ \text{Durasi percepatan} \quad (15)$$

$$\text{Cost slope} = \\ \frac{\text{Crash cost} - \text{Normal cost}}{\text{Normal duration} - \text{Crash duration}} \quad (16)$$

Perhitungan untuk biaya tambahan akibat alternatif penambahan jumlah pekerja sebagai berikut :

$$\text{Biaya penambahan jumlah pekerja} = \\ \text{Jumlah pekerja} \times \text{Upah normal pekerja} \quad (17)$$

$$\text{Crash cost} = \\ \text{Jumlah upah perhari} \times \text{Jumlah pekerja} \times \text{Durasi} \\ \text{percepatan} \quad (18)$$

$$\text{Cost slope} = \\ \frac{\text{Crash cost} - \text{Normal cost}}{\text{Normal duration} - \text{Crash duration}} \quad (19)$$

2.9 Efisiensi Biaya dan Waktu

Proses percepatan sendiri akan menganalisa terkait biaya dan durasi normal proyek dan analisa terkait biaya percepatan dan lama durasi crash yang diperoleh. Dari beberapa alternatif percepatan seperti penambahan waktu kerja (lembur), penambahan jumlah tenaga kerja, penggunaan shift kerja, penambahan alat, dan alternatif lainnya, akan mempengaruhi durasi akhir proyek dan biaya percepatan yang digunakan. Untuk mengetahui presentase penambahan ataupun pengurangan biaya dan waktu proyek yang dipercepat dapat menggunakan rumus berikut :

$$\text{Presentase efisiensi} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (20)$$

Di mana:

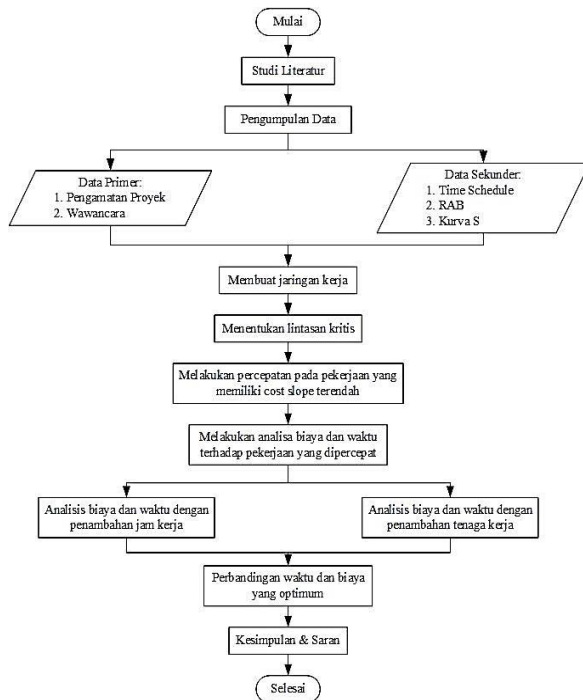
a = durasi/biaya normal

b = durasi/biaya percepatan

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan dan Prosedur Penelitian

Suatu penelitian harus dilaksanakan secara sistematis dan menggunakan urutan yang jelas serta teratur, sehingga akan diperoleh hasil yang diharapkan akan sesuai. Maka dari itu tahapan penelitian dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 4. Flowchart Penelitian

3.2 Pengumpulan Data

Agar penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik dan benar maka dibutuhkan data primer dan data sekunder. Adapun data tersebut sebagai berikut :

a. Data primer

Data primer adalah data yang dikumpulkan melalui pengamatan langsung dilapangan, meliputi :

- Pengamatan secara langsung
- Wawancara kepada pelaksana proyek

b. Data sekunder

Data sekunder ialah data yang didapatkan peneliti dari sumber lain yang berkaitan dengan objek yang diteliti. Adapun data sekunder yang digunakan :

- *Time schedule* dan Kurva-S
- Rencana Anggaran Biaya

3.3 Pengolahan Data

Untuk dapat menyelesaikan penelitian ini, data yang diperoleh selanjutnya diolah agar dapat menyelesaikan masalah yang ada dan didapatkan hasil yang sesuai dengan apa yang diinginkan. Serta dalam tata cara penelitian ini disusun dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi dan merumuskan kegiatan

- b. Memperkirakan waktu kegiatan
- c. Aplikasi *Microsoft Project*
- d. Membuat dan menentukan *network planning*
- e. Lintasan kritis
- f. Analisa hubungan waktu dan biaya proyek

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Umum Proyek

- a. Nama proyek : Peningkatan Jalan Banyakan - Tiron Kediri
- b. Jumlah anggaran : Rp. 7.446.453.000,00
- c. Waktu pelaksanaan : 135 hari kalender

4.2 Daftar Kegiatan Kritis

Berikut daftar kegiatan yang berada pada jalur kritis yang didapat pada hasil analisis menggunakan *Microsoft Project 2016* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Daftar Kegiatan Kritis

No.	Item Pekerjaan
1	Mobilisasi
2	Pemindahan papan reklame
3	Pemindahan telepon
4	Pohon pengganti
5	Saluran U-Ditch Tipe DS 1A
6	Galian Biasa
7	Timbunan biasa dari hasil galian
8	Timbunan pilihan dari sumber galian
9	Pasangan batu
10	Sandaran (railing)
11	Markah jalan thermoplastik
12	Patok pengarah

4.3 Analisis Biaya Normal

Biaya normal yang dihitung pada tahap ini adalah biaya tiap item pekerjaan pada kondisi normal. Sebelum menghitung biaya normal atau normal *cost*, terdapat beberapa parameter yang harus dihitung terlebih dahulu. Tahap pertama dalam perhitungan biaya normal adalah mengetahui menghitung kebutuhan tenaga kerja. Berikut merupakan contoh perhitungan kebutuhan tenaga kerja pada pekerjaan Pasangan batu:

Diketahui:

Volume : 339,02 m³
 Durasi normal : 89 hari

$$\text{Jumlah pekerja} = \frac{(\text{Koefisien tenaga kerja} \times \text{Volume})}{\text{Durasi normal}}$$

$$\begin{aligned} \text{a. Pekerja} &= \frac{(339,02 \times 3,2129)}{89} \\ &= 12,2386 \approx 13 \text{ Orang} \\ \text{b. Tukang} &= \frac{(339,02 \times 0,8032)}{89} \\ &= 3,0595 \approx 4 \text{ Orang} \\ \text{c. Mandor} &= \frac{(339,02 \times 0,4016)}{89} \\ &= 1,5297 \approx 2 \text{ Orang} \end{aligned}$$

Upah normal pekerja perhari =

Lama jam kerja \times Harga satuan upah pekerja

$$\begin{aligned} \text{a. Pekerja} &= \text{Rp. } 11.679,00 \times 8 \text{ jam} \\ &= \text{Rp. } 93.432,00 \\ \text{b. Tukang} &= \text{Rp. } 12.857,00 \times 8 \text{ jam} \\ &= \text{Rp. } 102.856,00 \\ \text{c. Mandor} &= \text{Rp. } 14.286,00 \times 8 \text{ jam} \\ &= \text{Rp. } 114.288,00 \end{aligned}$$

Upah total perhari =

Jumlah pekerja \times Upah normal pekerja

$$\begin{aligned} \text{a. Pekerja} &= 13 \times \text{Rp. } 93.432,00 \\ &= \text{Rp. } 1.214.616,00 \\ \text{b. Tukang} &= 4 \times \text{Rp. } 102.856,00 \\ &= \text{Rp. } 411.424,00 \\ \text{c. Mandor} &= 2 \times \text{Rp. } 114.288,00 \\ &= \text{Rp. } 228.576,00 \end{aligned}$$

$$\text{Total} = (\text{Rp. } 1.214.616,00 + \text{Rp. } 411.424,00 + \text{Rp. } 228.576,00) = \text{Rp. } 1.854.616,00$$

Total upah pekerjaan Pasangan batu =

Upah total perhari \times Durasi normal

$$\begin{aligned} &= \text{Rp. } 1.854.616,00 \times 89 \text{ hari} \\ &= \text{Rp. } 165.060.824,00 \end{aligned}$$

4.4 Alternatif Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Terdapat beberapa tahapan dalam analisis penambahan jam kerja (lembur), yakni menghitung *crash duration*, *crash cost*, hingga diperoleh *cost slope*.

Berikut merupakan contoh perhitungan *crash duration* pada pekerjaan Pasangan batu:

Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Volume} &: 339,02 \text{ m}^3 \\ \text{Durasi normal} &: 89 \text{ hari} \end{aligned}$$

Jam kerja normal : 8 jam

• Produktivitas harian =

$$\frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}} = \frac{339,02 \text{ m}^3}{89 \text{ hari}} = 3,81 \text{ m}^3/\text{hari}$$

• Produktivitas tiap jam =

$$\frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja perhari}} = \frac{3,81 \text{ m}^3/\text{hari}}{8 \text{ jam}} = 0,48 \text{ m}^3/\text{hari/jam}$$

• Produktivitas sesudah *crash* =

Diketahui:

Jam kerja normal : 8 jam

Jam kerja lembur : 4 jam

Koef prestasi lembur : 60% = 0,6

Maka:

(Jam kerja per hari \times Produktivitas tiap jam)

+ (a \times b \times Produktivitas tiap jam)

$$= (8 \times 0,48) + (4 \times 0,6 \times 0,48) = 4,95 \text{ m}^3$$

• *Crash duration* =

$$\frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas sesudah crash}} = \frac{330,02 \text{ m}^3}{4,95 \text{ m}^3/\text{hari}} = 68,46 \approx 69 \text{ hari}$$

Setelah mengetahui *crash duration*, maka selanjutnya menghitung *crash cost* pada pekerjaan Pasangan batu, sebagai berikut :

• Upah normal pekerja perhari

$$\text{Pekerja} = \text{Rp. } 93.432,00$$

$$\text{Tukang} = \text{Rp. } 102.856,00$$

$$\text{Mandor} = \text{Rp. } 114.288,00$$

• Jumlah tenaga kerja

$$\text{Pekerja} = 13 \text{ orang}$$

$$\text{Tukang} = 4 \text{ orang}$$

$$\text{Mandor} = 2 \text{ orang}$$

• Jam kerja normal = 8 jam

• Upah normal perjam = $\frac{\text{Upah normal perhari}}{\text{Jam kerja normal}}$

$$\text{Pekerja} = \frac{\text{Rp. } 93.432,00}{8 \text{ jam/hari}} = \text{Rp. } 11.679,00$$

$$\text{Tukang} = \frac{\text{Rp. } 102.856,00}{8 \text{ jam/hari}} = \text{Rp. } 12.857,00$$

$$\text{Mandor} = \frac{\text{Rp. } 114.288,00}{8 \text{ jam/hari}} = \text{Rp. } 14.286,00$$

• Upah lembur 1 jam pertama = 1,5 \times Upah normal perja

- Pekerja = 1,5 × Rp. 11.679,00
= Rp. 17.518,50
 - Tukang = 1,5 × Rp. 12.857,00
= Rp. 19.285,00
 - Mandor = 1,5 × Rp. 14.286,00
= Rp. 21.429,00
- Upah lembur 2 jam berikutnya = 2 × Upah normal perjam
 - Pekerja = 2 × Rp. 11.679,00
= Rp. 23.358,00
 - Tukang = 2 × Rp. 12.857,00
= Rp. 25.714,00
 - Mandor = 2 × Rp. 14.286,00
= Rp. 28.572,00
- Upah lembur jam ke 3
 - Pekerja = 2 × Rp. 11.679,00
= Rp. 23.358,00
 - Tukang = 2 × Rp. 12.857,00
= Rp. 25.714,00
 - Mandor = 2 × Rp. 14.286,00
= Rp. 28.572,00
- Upah lembur jam ke 4
 - Pekerja = 2 × Rp. 11.679,00
= Rp. 23.358,00
 - Tukang = 2 × Rp. 12.857,00
= Rp. 25.714,00
 - Mandor = 2 × Rp. 14.286,00
= Rp. 28.572,00
- Biaya lembur total =
Upah normal perhari + Upah lembur 1 jam pertama + Upah lembur 2 jam selanjutnya + Upah lembur jam berikutnya
 - Pekerja = Rp. 181.024,50
 - Tukang = Rp. 199.283,50
 - Mandor = Rp. 221.433,00
- Upah lembur pekerja perhari =
Jumlah pekerja × biaya lembur total
 - Pekerja = 13 × Rp. 181.024,50
= Rp. 2.353.318,50
 - Tukang = 4 × Rp. 199.283,50
= Rp. 797.134,00
 - Mandor = 2 × Rp. 221.433,00
= Rp. 442.866,00

Total = Rp. 3.593.318,50

- *Crash cost* =
Jumlah upah lembur perhari × Durasi percepatan
= Rp. 3.593.318,50 × 69 hari
= Rp. 247.938.976,50

- *Cost slope*
Dari perhitungan diatas, diketahui :
Normal cost = Rp. 165.060.824,00
Crash cost = Rp. 247.938.976,50
Normal duration = 89 hari
Crash duration = 69 hari

Cost slope
= $\frac{\text{Crash cost} - \text{Normal cost}}{\text{Normal duration} - \text{Crash duration}}$
= $\frac{\text{Rp.247.938.976,50} - \text{Rp.165.060.824,00}}{89 \text{ hari} - 69 \text{ hari}}$
= Rp. 4.143.907,63 /hari

Dengan cara perhitungan yang sama untuk hasil analisis penambahan biaya dan upah tenaga kerja akibat percepatan durasi proyek dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jampada pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis lainnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi *cost slope* penambahan jam kerja

No	Item Pekerjaan	Alternatif				Durasi Percepatan	Cost Slope (Rp)
		Normal		Crashing			
		Durasi	Biaya (Rp)	Durasi	Biaya (Rp)		
1	Mobilisasi	19	3.946.680	15	6.036.863	4	522.546
2	Pemindahan papan reklame	12	3.726.912	10	6.017.410	2	1.145.249
3	Pemindahan telepc	12	5.969.280	10	9.637.900	2	1.834.310
4	Pohon pengganti	8	15.584.384	7	26.420.401	1	10.836.017
5	Saluran U-Ditch Tipe DS 1A	97	314.889.160	75	471.725.062	22	7.128.905
6	Galian Biasa	65	13.501.800	50	20.122.875	15	441.405
7	Timbunan biasa dari hasil galian	35	7.270.200	27	10.866.353	8	449.519
8	Timbunan pilihan dari sumber galian	71	14.748.120	55	22.135.163	16	461.690
9	Pasangan batu	89	165.060.824	69	247.938.977	20	4.143.908
10	Sandaran (Railing)	12	4.848.096	10	7.827.655	2	1.489.780
11	Markah jalan thermoplastik	8	53.109.760	7	90.037.640	1	36.927.880
12	Patok pengarah	18	28.507.392	14	42.959.056	4	3.612.916

4.5 Biaya Tambahan Akibat Lembur

Penambahan biaya ini terjadi karena jam lembur yang dilakukan mulai dari pukul 18.00 – 22.00, sehingga membutuhkan alat penerangan dan penunjang lainnya. Berikut merupakan perhitungan penambahan biaya akibat penambahan jam kerja.

a. Biaya penerangan

$$\begin{aligned} \text{Lampu sorot} &= \text{Harga lampu} \times \text{Jumlah lampu} \\ &= \text{Rp. } 1.100.000,00 \times 4 \text{ buah} \\ &= \text{Rp. } 4.400.000,00 \end{aligned}$$

$$\text{Kabel supprime} = \text{Rp. } 984.000,00$$

$$\text{Biaya pasang} = \text{Rp. } 93.432,00$$

Listrik selama masa perepatan

$$\begin{aligned} \text{Biaya listrik} &= \text{Harga perKwH} \times \text{Spesifikasi} \\ &\quad \text{pemakaian listrik} \times \text{Durasi} \\ &\quad \text{lembur} \times \text{Jumlah lampu} \times 1 \\ &\quad \text{Bulan} \\ &= \text{Rp. } 1.444,70 \times 0,4 \text{ KwH} \times 4 \\ &\quad \text{jam} \times 4 \text{ buah} \times 30 \text{ hari} \\ &= \text{Rp. } 277.382,40 \end{aligned}$$

$$\text{Total biaya penerangan} = \text{Rp. } 5.764.814,40$$

b. Biaya manajemen

$$\begin{aligned} \text{Pekerja} &= 3 \text{ orang/hari} \\ &\quad (\text{wawancara dengan} \\ &\quad \text{pelaksana proyek}) \end{aligned}$$

$$\text{Upah lembur/jam} = \text{Rp. } 30.000,00$$

$$\text{Durasi lembur} = 4 \text{ jam}$$

$$\text{Durasi percepatan} = 23 \text{ hari}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Upah lembur/hari} &= \text{Rp. } 30.000,00 \times 4 \text{ jam} \\ &= \text{Rp. } 120.000,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah pekerja perhari} &= \text{Rp. } 120.000,00 \times 3 \\ &\quad \text{orang} \\ &= \text{Rp. } 360.000,00 \end{aligned}$$

4.6 Alternatif Penambahan Jumlah Pekerja

Pada penelitian ini, karena lingkup pekerjaan adalah peningkatan jalan yang tidak terbatas oleh ruang, sehingga tidak berlaku terhadap kepadatan ruang kerja (Nardiansyah & Intansari, 2022). Analisis penambahan jumlah tenaga kerja dilakukan sebesar 25%, dengan mempertimbangkan efisiensi waktu dan biaya

yang optimal. Berikut merupakan contoh perhitungan penambahan jumlah tenaga kerja sebesar 25% dari jumlah pekerja normal pada pekerjaan :

- Jumlah pekerja normal

$$\text{Pekerja} = 13 \text{ orang}$$

$$\text{Tukang} = 4 \text{ orang}$$

$$\text{Mandor} = 2 \text{ orang}$$

$$\text{Total} = 19 \text{ orang}$$

- Penambahan 25%

$$\text{Pekerja} = 13 \text{ orang} \times 0,25 = 3,25 \approx 4 \text{ orang}$$

$$\text{Tukang} = 4 \text{ orang} \times 0,25 = 1 \approx 1 \text{ orang}$$

$$\text{Mandor} = 2 \text{ orang} \times 0,25 = 0,5 \approx 1 \text{ orang}$$

$$\text{Total} = 6 \text{ orang}$$

- Jumlah pekerja percepatan

$$\text{Pekerja} = 13 \text{ orang} + 4 \text{ orang} = 17 \text{ orang}$$

$$\text{Tukang} = 4 \text{ orang} + 1 \text{ orang} = 5 \text{ orang}$$

$$\text{Mandor} = 2 \text{ orang} + 1 \text{ orang} = 3 \text{ orang}$$

$$\text{Total} = 25 \text{ orang}$$

Berikut merupakan contoh perhitungan *crash duration* pada pekerjaan Pasangan batu:

Diketahui:

$$\text{Volume} : 339,02 \text{ m}^3$$

$$\text{Durasi normal} : 89 \text{ hari}$$

$$\text{Jumlah pekerja normal (Tn)} : 19 \text{ orang}$$

$$\text{Jumlah pekerja } \textit{crashing} \text{ (Tc)} : 25 \text{ orang}$$

- Produktivitas normal perhari

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}} = \frac{339,02 \text{ m}^3}{89 \text{ hari}} = 3,81 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Produktivitas pekerja perhari

$$= \frac{\text{Produktivitas perhari}}{\text{Tn}} = \frac{3,81 \text{ m}^3/\text{hari}}{19 \text{ orang}} = 0,20 \text{ m}^3/\text{orang/hari}$$

- Produktivitas *crash*

$$= \text{Produktivitas pekerja perhari} \times \text{Tc}$$

$$= 0,20 \text{ m}^3/\text{orang/hari} \times 25 \text{ orang}$$

$$= 5,01 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- *Crash duration*

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas } \textit{crashing}} = \frac{339,02 \text{ m}^3}{5,01 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= 67,64 \approx 68 \text{ hari}$$

Setelah mengetahui *crash duration*, maka selanjutnya menghitung *crash cost* pada pekerjaan Pasangan batu, sebagai berikut:

- Upah normal pekerja perhari
 - Pekerja = Rp. 93.432,00
 - Tukang = Rp. 102.856,00
 - Mandor = Rp. 114.288,00
- Jumlah pekerja *crashing*
 - Pekerja = 17 orang
 - Tukang = 5 orang
 - Mandor = 3 orang
- Upah penambahan jumlah pekerja perhari
 - = Jumlah tenaga kerja *crashing* × Upah normal pekerja
 - Pekerja = 17 × Rp. 93.432,00 = Rp. 1.588.344,00
 - Tukang = 5 × Rp. 102.856,00 = Rp. 514.280,00
 - Mandor = 3 × Rp. 114.288,00 = Rp. 342.864,00
 - Total = Rp. 2.445.488,00

- *Crash cost*
 - = Jumlah upah lembur perhari × Durasi percepatan
 - = Rp. 2.445.488,00 × 68 hari
 - = Rp. 166.293.184,00

- *Cost slope*
 - Dari perhitungan diatas, diketahui:
 - Normal cost* = Rp. 165.060.824,00
 - Crash cost* = Rp. 166.293.184,00
 - Normal duration* = 89 hari
 - Crash duration* = 68 hari
 - Cost slope*
 - = $\frac{Crash\ cost - Normal\ cost}{Normal\ duration - Crash\ duration}$
 - = $\frac{Rp.166.293.184,00 - Rp.165.060.824,00}{89\ hari - 68\ hari}$
 - = Rp. 58.683,81/hari

Dengan cara perhitungan yang sama untuk hasil analisis penambahan biaya dan upah tenaga kerja akibat percepatan durasi proyek dengan alternatif penambahan jumlah tenaga kerja

sebesar 25% pada pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis lainnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. Rekapitulasi *cost slope* penambahan jumlah pelerja

No	Item Pekerjaan	Alternatif			Durasi percepatan	Cost Slope (Rp)	
		Normal		Crashing			
		Durasi	Biaya (Rp)	Durasi	Biaya (Rp)		
1	Mobilisasi	19	3.946.680	10	4.154.400	9	23.080
2	Pemindahan papan reklame	12	3.726.912	6	3.726.912	6	0
3	Pemindahan telepon	12	5.969.280	9	6.243.552	3	91.424
4	Pohon pengganti	8	15.584.384	7	17.772.440	1	2.188.056
5	Saluran U-Ditch Tipe DS 1A	97	314.889.160	74	315.789.376	23	39.139.83
6	Galian Biasa	65	13.501.800	33	13.709.520	32	6.491.25
7	Timbunan biasa dari hasil galian	35	7.270.200	18	7.477.920	17	12.218,82
8	Timbunan pilihan dari sumber galian	71	14.748.120	36	14.955.840	35	5.934,86
9	Pasangan batu	89	165.060.824	68	166.293.184	21	58.683,81
10	Sandaran (Railing)	12	4.848.096	7	5.002.088	5	30.798,40
11	Markah jalan thermoplastik	8	53.109.760	7	59.519.320	1	6.409.560
12	Patok pengarah	18	28.507.392	14	30.576.560	4	517.292

4.7 Analisis Biaya Langsung dan Tidak Langsung

Perhitungan biaya langsung mengacu pada nilai Rencana Anggaran Biaya (RAB). Besarnya biaya langsung diperoleh dari biaya total proyek yang sesuai dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dikurangi dengan biaya tidak langsung. Berdasarkan Peraturan Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah Nomor 9 Tahun 2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Pengadaan Barang/Jasa Melalui Penyedia, yaitu sebesar 15% (lima belas persen).

Berdasarkan wawancara pada pihak pelaksana proyek, biaya tidak langsung sebesar 5% dari nilai kontrak. Sehingga, pada penelitian ini untuk perhitungan biaya tidak langsung menggunakan proporsi 5%. Berikut perhitungan rincian biaya langsung dan biaya tidak langsung, sebagai berikut :

- a. Nilai kontrak RAB (*real cost*)
 - = Rp. 7.446.453.000,00.
- b. Biaya tidak langsung (5% *real cost*)
 - = Nilai kontrak × 5%
 - = Rp. 7.446.453.000,00. × 5%
 - = Rp. 372.322.650,00
- c. Biaya langsung
 - = Nilai kontrak – Biaya tidak langsung
 - = Rp. 7.446.453.000,00 - Rp. 372.322.650,00

$$= \text{Rp. } 7.074.130.350,00$$

4.8 Perhitungan Durasi *Crash* dan Biaya *crash* (Biaya langsung)

Pada tahap ini dilakukan perhitungan secara keseluruhan dari durasi normal proyek selama 135 hari kalender dan biaya normal proyek dengan biaya penambahan percepatan. Dengan mempertimbangkan efisiensi biaya dan waktu, maka tidak semua pekerjaan yang berada dilintasan kritis dilakukan percepatan. Pada perhitungan ini pekerjaan yang akan dipercepat adalah pekerjaan yang memiliki nilai *cost slope* terendah.

a. Alternatif penambahan jam kerja

Berdasarkan Tabel 3. Maka pekerjaan yang akan dilakukan percepatan adalah pekerjaan Galian biasa dan Timbunan biasa dari hasil galian. Perhitungan durasi *crash* dan biaya *crash* proyek sebagai berikut:

• Tahap 1

Pada tahap ini pekerjaan yang dipercepat adalah pekerjaan Galian biasa yang memiliki *cost slope* = Rp. 441.405,00 / hari, dengan waktu percepatan sebesar 15 hari (65 hari – 50 hari). Maka durasi dan biaya proyek menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Durasi} &= 135 \text{ hari} - 15 \text{ hari} \\ &= 120 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Biaya langsung normal} + \\ &\quad \text{Biaya percepatan} \\ &= \text{Rp. } 7.074.130.350,00 + (15 \\ &\quad \text{hari} \times \text{Rp. } 441.405,00) \\ &= \text{Rp. } 7.080.751.425,00 \end{aligned}$$

• Tahap 2

Pada tahap 2 ini, dilakukan percepatan pada pekerjaan Timbunan biasa dari hasil galian dengan nilai *cost slope* = Rp. 449.519,06 / hari. Dengan waktu percepatan sebesar 8 hari (35 hari – 27 hari). Maka durasi dan biaya proyek menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Durasi} &= 120 \text{ hari} - 8 \text{ hari} \\ &= 112 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Biaya langsung percepatan} \\ &\quad \text{Tahap 1} + \text{Biaya percepatan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \text{Rp. } 7.080.751.425,00 + (8 \text{ hari} \\ &\quad \times \text{Rp. } 449.519,06) \\ &= \text{Rp. } 7.084.347.577,50 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diketahui biaya langsung proyek setelah dilakukan percepatan selama 23 hari (15 hari + 8 hari) sebesar Rp. 7.084.347.577,50.

b. Alternatif penambahan jumlah pekerja

Berdasarkan Tabel 4. Maka pekerjaan yang akan dilakukan percepatan adalah pekerjaan Pemindahan papan reklame dan Timbunan pilihan dari sumber galian. Perhitungan durasi *crash* dan biaya *crash* proyek sebagai berikut :

• Tahap 1

Pada tahap ini pekerjaan yang dipercepat adalah Pemindahan papan reklame yang memiliki *cost slope* = Rp. 0,-/ hari, dengan waktu percepatan sebesar 6 hari (12 hari – 6 hari). Maka durasi dan biaya proyek menjadi:

$$\begin{aligned} \text{Durasi} &= 135 \text{ hari} - 6 \text{ hari} \\ &= 129 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Biaya langsung normal} + \\ &\quad \text{Biaya percepatan} \\ &= \text{Rp. } 7.074.130.350,00 + (6 \\ &\quad \text{hari} \times \text{Rp. } 0,) \\ &= \text{Rp. } 7.074.130.350,00 \end{aligned}$$

• Tahap 2

Pada tahap 2 ini, dilakukan percepatan pada pekerjaan Timbunan pilihan dari sumber galian yang memiliki *cost slope* = Rp. 5.934,86,/ hari, dengan waktu percepatan sebesar 35 hari (71 hari – 36 hari). Maka durasi dan biaya proyek menjadi:

$$\begin{aligned} \text{Durasi} &= 129 \text{ hari} - 35 \text{ hari} \\ &= 94 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Biaya langsung Percepatan} \\ &\quad \text{Tahap 1} + \text{Biaya percepatan} \\ &= \text{Rp. } 7.074.130.350,00 + (35 \\ &\quad \text{hari} \times \text{Rp. } 5.934,86) \\ &= \text{Rp. } 7.074.338.070,00 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diketahui biaya langsung proyek setelah dilakukan percepatan dengan alternatif penambahan jumlah tenaga kerja

sebesar 25% selama 41 hari (6 hari + 35 hari) sebesar Rp. 7.074.338.070,00

4.9 Biaya Tidak Langsung

Biaya-biaya yang termasuk dalam biaya tidak langsung adalah biaya-biaya yang digunakan untuk kebutuhan manajemen, keamanan, fasilitas listrik dan komunikasi, transportasi dan lain sebagainya. Estimasi biaya tidak langsung dilakukan berdasarkan perhitungan dari 5% nilai kontrak, kemudian dihitung pengeluaran biaya tak langsung per hari, sebagai berikut :

Biaya tidak langsung normal

= Rp. 372.322.650,00

Total hari kerja normal = 135 hari kalender

Biaya tidak langsung/hari

= Rp. 372.322.650,00 ÷ 135 hari

= Rp. 2.757.945,56

a. Alternatif penambahan jam kerja

Selain dari biaya tersebut terdapat tambahan biaya langsung berupa biaya akibat penambahan jam kerja berupa biaya penerangan dan biaya manajemen. Sehingga biaya tidak langsung selama proses percepatan menjadi :

• Tahap 1

Pada tahap 1, pekerjaan yang dipercepat adalah pekerjaan Galian biasa dengan durasi percepatan 15 hari, sehingga durasi total proyek menjadi 120 hari (135 hari – 15 hari) dengan biaya langsung sebesar Rp. Rp. 7.080.751.425,00. Maka untuk menghitung biaya tidak langsung sebagai berikut :

Biaya tidak langsung tahap 1

= (Biaya tidak langsung/hari × durasi tahap 1) + Biaya penerangan + (Biaya manajemen/hari × durasi tahap 1)

= (Rp. 2.757.945,56 × 15) + Rp.5.764.814,40 + ((Rp. 360.000,00 × 15 hari)

= Rp. 342.108.281,07

• Tahap 2

Pada tahap 2, pekerjaan yang dipercepat adalah pekerjaan Timbunan biasa dari hasil galian dengan durasi percepatan 8 hari,

sehingga durasi total proyek menjadi 112 hari (120 hari – 8 hari) dengan biaya langsung sebesar Rp. 6.712.024.927,50. Maka untuk menghitung biaya tidak langsung tahap 2, sebagai berikut :

Biaya tidak langsung tahap 2

= (Biaya tidak langsung/hari × durasi tahap2) + Biaya penerangan + (Biaya manajemen/hari × durasi tahap 2)

= (Rp. 2.757.945,56 × 23) + Rp.5.764.814,40 + (Rp. 360.000,00 × 23 hari)

= Rp. 322.924.716,62

b. Alternatif penambahan jumlah pekerja

Untuk mengetahui perubahan biaya tidak langsung selama proses percepatan, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

• Tahap 1

Pada tahap 1, pekerjaan yang dilakukan percepatan adalah Pemandangan papan reklame dengan durasi percepatan 6 hari, sehingga durasi total proyek menjadi 129 hari (135 hari – 6 hari). Maka biaya tidak langsung pada tahap ini menjadi:

Biaya tidak langsung tahap 1

= Biaya tidak langsung perhari × durasi total tahap 1

= Rp. 2.757.945,56 × 129 hari

= Rp. 355.774.976,67

• Tahap 2

Pada tahap 2, pekerjaan yang dilakukan percepatan adalah Timbunan pilihan dari sumber galian dengan durasi percepatan 35 hari, sehingga durasi total proyek menjadi 94 hari (129 hari – 35 hari). Maka biaya tidak langsung pada tahap ini menjadi :

Biaya tidak langsung tahap 2

= Biaya tidak langsung perhari × durasi total tahap 2

= Rp. 2.757.945,56 × 94 hari

= Rp. 259.246.882,22

4.10 Waktu dan Biaya Total

Dari perhitungan diatas, biaya total proyek didapat dengan menjumlahkan biaya langsung dan biaya tidak langsung untuk masing-masing

durasi. Untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai perbandingan waktu dan biaya hasil analisis yang dilakukan dengan kedua alternatif sebagai berikut :

a. Alternatif penambahan jam kerja

Tabel 5. Rekapitulasi Biaya dan Waku

Kondisi	Durasi (Hari)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Biaya Total (Rp)
Normal	135	7.074.130.350,00	372.322.650,00	7.446.453.000,00
Tahap 1	120	7.080.751.425,00	342.108.281,07	7.422.859.706,07
Tahap 2	112	7.084.347.577,50	322.924.716,62	7.407.272.294,12

b. Alternatif penambahan jumlah pekerja

Tabel 6. Rekapitulasi Biaya dan Waku

Kondisi	Durasi (Hari)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Biaya Total (Rp)
Normal	135	7.074.130.350	372.322.650,00	7.446.453.000,00
Tahap 1	129	7.074.130.350	355.774.976,67	7.429.905.326,67
Tahap 2	94	7.074.338.070	259.246.882,22	7.333.584.952,22

4.11 Efisiensi Waktu dan Biaya

Tujuan dari perhitungan efisiensi adalah untuk mengetahui presentase besaran perubahan waktu dan biaya sebelum dan sesudah dilakukan percepatan. Untuk mengetahui presentase efisiensi waktu dan biaya dari hasil analisis percepatan dari kedua alternatif sebagai berikut:

a. Alternatif penambahan jam kerja

- Presentase efisiensi waktu

Durasi normal : 135 hari

Durasi percepatan: 112 hari

$$\text{Efisiensi waktu} = \frac{135-112}{135} \times 100\% = 17,04\%$$

- Presentase efisiensi biaya

Biaya normal : Rp. 7.446.453.000,00

Biaya percepatan : Rp. 7.407.272.294,12

Efisiensi biaya =

$$\frac{\text{Rp.7.446.453.000,00}-\text{Rp.7.407.272.294,12}}{\text{Rp.7.446.453.000,00}} \times 100\% = 0,53\%$$

b. Alternatif penambahan jumlah pekerja

- Presentase efisiensi waktu

Durasi normal : 135 hari

Durasi percepatan: 94 hari

$$\text{Efisiensi waktu} = \frac{135-94}{135} \times 100\% = 30,37\%$$

- Presentase efisiensi biaya

Biaya normal : Rp. 7.446.453.000,00

Biaya percepatan : Rp. 7.333.584.952,00

Efisiensi biaya =

$$\frac{\text{Rp.7.446.453.000,00}-\text{Rp.7.333.584.952,00}}{\text{Rp.7.446.453.000,00}} \times 100\% = 1,52\%$$

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis percepatan dengan alteratif penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam dan alternatif penambahan jumlah tenaga kerja sebesar 25% pada Proyek Peningkatan Jalan Banyakan – Tiron Kediri, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan dengan alternatif penambahan waktu kerja (lembur) selama 4 jam diperoleh durasi total proyek menjadi 112 hari, dari total durasi proyek kondisi normal selama 135 hari. Kemudian terjadi perubahan biaya total proyek yang sebelumnya sebesar Rp. 7.446.453.000,00 menjadi Rp. 7.407.272.294,12.
2. Sedangkan hasil perhitungan dengan alternatif penambahan jumlah tenaga sebesar 25% diperoleh durasi total proyek menjadi 94 hari, dari total durasi proyek kondisi normal selama 135 hari. Kemudian terjadi perubahan biaya total proyek yang sebelumnya sebesar Rp. 7.446.453.000,00 menjadi menjadi Rp. 7.333.584.952,22.
3. Dari kedua alternatif percepatan yang dilakukan, pada alternatif penambahan waktu kerja (lembur) selama 4 jam diperoleh efisiensi waktu sebesar 17,04%, dengan pengurangan biaya sebesar 0,53% dari biaya kondisi normal proyek. Untuk alternatif penambahan jumlah tenaga kerja sebesar 25% diperoleh efisiensi waktu sebesar 30,37%, dengan pengurangan biaya sebesar 1,52% dari biaya kondisi normal. Berdasarkan kedua alternatif tersebut, maka alternatif yang paling efisien untuk mempercepat penyelesaian pekerjaan adalah dengan menambah jumlah tenaga kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Candra, W. A. (2018). *Analisis Percepatan Proyek Pada Pekerjaan Struktur Menggunakan Metode Crashing Dengan Penambahan Tenaga Kerja (Accelerate Project Analysis on Structure Work By Crashing Method With Addition of Labor)*.
- Djau, M. F. M., Arsjad, T. T., & Inkiriwang, R. L. (2021). Percepatan Pelaksanaan Proyek Dengan Penambahan Tenaga Kerja Pada Pembangunan Ruko Di Jalan Bukit Moria, Tikala Baru. *Jurnal Sipil Statik*, 9(4), 709–716.
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/39045%0Ahttps://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/download/39045/35430>
- Lilyana. (2020). Analisis Network Planning dengan Critical Path Method (CPM) Dalam Rangka Efisiensi Waktu dan Biaya Proyek Pembangunan Rumah Minimalis (Studi Kasus *Jurnal Sistem Komputer Dan Informatika* ..., 2(1), 80–89.
<https://doi.org/10.30865/jurikom.v7i4.2266>
- Nardiansyah, A., & Intansari, D. W. A. (2022). Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Crashing pada Proyek Pembangunan Jalan Simp. 4 Kaliorang – Talisayan Kalimantan Timur. *Jurnal Kridatama Sains Dan Teknologi*, 4(02), 127–141.
<https://doi.org/10.53863/kst.v4i02.498>
- Olivia, P., & Puspasari, V. H. (2019). Analisa percepatan waktu proyek menggunakan metode crashing “Studi kasus peningkatan jalan Pe;antaran - Parenggean - Tumbang Sangai.” *Jurnal Teknik*, 3(1), 12.
- Poerba, M. Y., & Indryani, R. (2022). Analisis Percepatan Menggunakan Metode Crashing pada Proyek Pekerjaan Struktur Pembangunan Rumah dan Klinik Bali. *Jurnal Teknik ITS*, 11(3).
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v11i3.102648>
- Santoso, W. (2017). ANALISI PERCEPATAN PROYEK MENGGUNAKAN METODE CRASHING DENGAN PENAMBAHAN JAM KERJA EMPAT JAM DAN SISTEM SHIFT KERJA (Studi kasus : Proyek Pembangunan Gedung Animal Health Care Prof . Soeparwi , Fakultas Kedokteran Hewan UGM). *Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia*.