

**ANALISIS PERCEPATAN WAKTU DAN BIAYA PROYEK PENINGKATAN
JALAN MENGGUNAKAN METODE *TIME COST TRADE OFF* DENGAN
PENAMBAHAN JAM KERJA DAN JUMLAH ALAT
(Studi Kasus: Jalan Betoyo-Dagang Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik)**

Intan Mayasari (intanmayasari@unisda.ac.id)¹, Agus Setiawan
(Agussetiawan@unisda.ac.id)²

Universitas Islam Darul ‘Ulum Lamongan^{1,2}

ABSTRAK

Keterlambatan proyek merupakan permasalahan yang sering terjadi. Keterlambatan ini sangat merugikan pihak-pihak yang terkait, baik itu kontraktor maupun pemilik proyek itu sendiri. Namun keterlambatan tak bisa terelakkan karena pada setiap pelaksanaan terdapat berbagai kemungkinan yang dapat menyebabkan keterlambatan. Pekerjaan peningkatan jalan Betoyo-Dagang Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik, juga mengalami kendala. Yakni keterlambatan kontraktor dalam menyelesaikan progres pekerjaan. Pekerjaan ini dijadwalkan akan selesai pada akhir tahun. Pada realita di lapangan progres tidak sesuai dengan jadwal yang direncanakan. Dapat dipastikan proyek ini akan mengalami keterlambatan dalam penyelesaiannya. Salah satu solusi yang bisa dilakukan untuk mengatasi keterlambatan proyek adalah dengan melakukan percepatan. Akan tetapi, percepatan tidak boleh dilakukan secara sembarangan. Dengan melakukan sebuah percepatan, maka biaya pelaksanaan proyek akan bertambah. Oleh karena itu, percepatan harus diperhitungkan secara teliti agar durasi proyek tepat pada waktunya dan biaya yang dikeluarkan tidak membengkak.

Untuk mencegah terjadinya keterlambatan penyelesaian proyek pekerjaan peningkatan jalan Betoyo-Dagang Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik. Dalam hal ini peneliti melakukan analisis percepatan proyek dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off*. Dengan menentukan titik kritis pekerjaan proyek pekerjaan Peningkatan Jalan Betoyo-Dagang kecamatan Manyar Kabupaten Gresik. Dengan menggunakan metode *PDM (Precedence Diagram Method)* dibantu dengan software *Microsoft Project*. Menentukan *crash duration* dan *crash cost* pada pekerjaan tersebut. Dengan menggunakan dua alternatif yakni penambahan jam kerja dan penambahan jumlah alat berat. Kemudian ditentukan *cost slope* dari kedua alternatif tersebut, baru dilakukan analisis pertukaran waktu dan biaya dengan *time cost trade off*. Langkah selanjutnya menentukan waktu pekerjaan yang paling optimum, dengan biaya terefisien.

Durasi dan biaya normal proyek adalah 135 hari dengan biaya Rp. 9.490.499.000. Sedangkan jika proyek mengalami keterlambatan maka durasi yang dibutuhkan 162 hari dengan biaya Rp. 9.668.128.600. setelah dilakukan analisis percepatan menggunakan metode *Time Cost Trade Off* dengan penambahan jam kerja, yakni durasi menjadi 134,3 hari dengan biaya setelah percepatan Rp. 9.581.528.000. Durasi dan biaya setelah dilakukan analisis percepatan menggunakan metode *Time Cost Trade Off* dengan penambahan alat berat, yakni durasi menjadi 132,6 hari. Dengan biaya setelah percepatan Rp. 9.582.026.000. Durasi dan biaya paling optimum yang harus diterapkan yakni dengan percepatan menggunakan penambahan jam kerja.

Kata Kunci: Waktu, Biaya, TCTO.

ABSTRAK

Project delays are a frequent problem. This delay is very detrimental to the parties concerned, both the contractor and the owner of the project itself. However, delays are inevitable because in every implementation there are various possibilities that can cause

delays. The betoyo-dagang road improvement work in Manyar District, Gresik Regency, also experienced problems. Namely the delay of the contractor in completing the progress of the work. The work is scheduled to be completed by the end of the year. In reality on the ground progress is not in accordance with the planned schedule. It is certain that this project will experience delays in its completion. One solution that can be done to overcome project delays is to accelerate. However, acceleration should not be done carelessly. By accelerating, the cost of implementing the project will increase. Therefore, acceleration must be carefully taken into account so that the duration of the project is on time and the costs incurred do not swell.

To prevent delays in the completion of the Betoyo-Dagang road improvement work project, Manyar District, Gresik Regency. In this case, the researcher conducted an analysis of the acceleration of the project using the Time Cost Trade Off method. By determining the critical point of the betoyo-dagang road improvement work project work in Manyar district, Gresik Regency. By using the PDM (Precedence Diagram Method) method assisted by Microsoft Project software. Specifies the crash duration and crash cost of the job. By using two alternatives, namely the addition of working hours and the increase in the number of heavy equipment. Then the cost slope of the two alternatives is determined, and then an analysis of the time and cost exchange is carried out with a time cost trade off. The next step determines the most optimal time of work, at the most efficient cost.

The normal duration and cost of the project is 135 days at a cost of Rp. 9,490,499,000. Meanwhile, if the project experiences delays, the duration required is 162 days at a cost of Rp. 9,668,128,600. after an acceleration analysis was carried out using the Time Cost Trade Off method with the addition of working hours, namely the duration to 134.3 days with a cost after the acceleration of Rp. 9,581,528,000. Duration and cost after an acceleration analysis using the Time Cost Trade Off method with the addition of heavy equipment, the duration becomes 132.6 days. With a cost after acceleration of Rp. 9,582,026,000. The most optimal duration and cost that must be applied is by accelerating using additional working hours.

Keywords: Time, Cost, TCTO.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Keterlambatan proyek merupakan permasalahan yang sering terjadi. Keterlambatan ini sangat merugikan pihak-pihak yang terkait, baik itu kontraktor maupun pemilik proyek itu sendiri. (Soeharto, 1995). Namun keterlambatan tak bisa terelakkan karena pada setiap pelaksanaan terdapat berbagai kemungkinan yang dapat menyebabkan keterlambatan, misalnya keterlambatan pelaksanaan, perubahan desain, pengaruh cuaca, keterlambatan suplai material, kegagalan konstruksi, dan kesalahan perencanaan. Apabila hal ini terjadi, pihak kontraktor sebagai pelaksana di lapangan harus dengan cepat dan tepat memberikan solusi atas keterlambatan tersebut.

Seperti halnya itu, pekerjaan Peningkatan Jalan Betoyo-Dagang Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik, juga mengalami kendala. Yakni keterlambatan kontraktor dalam menyelesaikan progres pekerjaan. Pekerjaan ini dijadwalkan akan selesai pada akhir tahun. Namun, pada realita di lapangan progres tidak sesuai dengan jadwal yang direncanakan. Dapat dipastikan proyek ini akan mengalami keterlambatan dalam penyelesaiannya. Bila proyek tersebut tidak diselesaikan tepat pada waktunya maka pelaksana/kontraktor akan mendapatkan denda, mengalami kerugian, dan bisa *diblack list* oleh pemilik proyek.

Salah satu solusi yang bisa dilakukan untuk mengatasi keterlambatan proyek adalah dengan melakukan percepatan. Akan tetapi, percepatan tidak boleh dilakukan secara sembarangan. Dengan melakukan sebuah percepatan, maka biaya pelaksanaan proyek akan bertambah. Oleh karena itu, percepatan harus diperhitungkan secara teliti agar durasi proyek tepat pada

waktunya dan biaya yang dikeluarkan tidak membengkak. Selain itu, standar mutu tetap harus diperhatikan untuk menjaga kualitas yang baik.

Oleh sebab itu langkah untuk melakukan percepatan proyek sangat perlu dilakukan, untuk mencegah terjadinya keterlambatan penyelesaian proyek pekerjaan Peningkatan Jalan Betoyo-Dagang Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik. Dalam hal ini peneliti melakukan analisis percepatan proyek dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off*. Tujuan dari metode ini adalah mempercepat waktu penyelesaian proyek dan menganalisis sejauh mana waktu dapat dipersingkat dengan penambahan biaya yang minimum terhadap kegiatan yang dapat dipercepat waktu pekerjaannya. Sehingga dapat diketahui percepatan yang paling maksimum dan biaya yang paling minimum.

Metode ini memberikan solusi alternatif kepada pelaksana proyek untuk menyusun perencanaan percepatan yang terbaik sehingga dapat mengoptimalkan waktu dan biaya dalam penyelesaian proyek. Yakni dengan menentukan titik kritis pekerjaan proyek pekerjaan Peningkatan Jalan Betoyo-Dagang kecamatan Manyar Kabupaten Gresik. Dengan menggunakan metode *PDM (Precedence Diagram Method)* dibantu dengan software *Microsoft Project*. Setelah mengetahui titik kritis pekerjaan tersebut, maka akan dilakukan *crash duration* dan *crash cost* pada pekerjaan tersebut. Dengan menggunakan dua alternatif yakni penambahan jam kerja dan penambahan jumlah alat berat. Kemudian ditentukan *cost slope* dari kedua alternatif tersebut, baru dilakukan analisis pertukaran waktu dan biaya dengan *time cost trade off*. Langkah selanjutnya menentukan waktu pekerjaan yang paling optimum, dengan biaya terefisien.

Diharapkan dengan melakukan percepatan ini kontraktor dapat menerapkannya. Sehingga tidak akan mengalami keterlambatan penyelesaian proyek tersebut. Pihak pemerintah sebagai *owner* dan kontraktor sebagai pelaksana akan sama-sama diuntungkan. Juga masyarakat dapat memakai jalan tersebut sesuai peruntukannya, sekaligus untuk meningkatkan ekonomi masyarakat.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui waktu dan biaya percepatan dengan metode *Time Cost Trade Off* dengan penambahan jumlah jam kerja.
2. Mengetahui waktu dan biaya dengan metode *Time Cost Trade Off* dengan penambahan jumlah alat berat.
3. Mengetahui perbandingan biaya antara waktu terlambat dikenai denda dengan percepatan dengan biaya paling kecil.
4. Mengetahui waktu teroptimum dan biaya terefisien setelah dilakukan percepatan dengan metode *Time Cost Trade Off* pada poin 1 dan 2.

KAJIAN PUSTAKA

Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang terencana dan dilaksanakan secara berurutan dengan logika serta menggunakan banyak jenis sumber daya yang dibatasi oleh dimensi biaya, mutu, dan waktu (Syah, Mahendra Sultan. 2004).

Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek merupakan fase menerjemahkan suatu perencanaan ke dalam suatu diagram yang sesuai dengan skala waktu.

Network Planning

Network Planning didefinisikan sebagai satu model yang banyak digunakan dalam penyelenggaraan proyek, yang produknya berupa informasi mengenai kegiatan-kegiatan yang ada dalam diagram jaringan kerja yang bersangkutan. Dapat disimpulkan bahwa *network planning* merupakan suatu perencanaan dan pengendalian proyek yang menggambarkan hubungan ketergantungan antara tiap pekerjaan yang digambarkan dalam diagram *network*. (Herjanto, 2003)

Critical Path Method (CPM)

CPM atau Metode Jalur Kritis adalah suatu rangkaian item pekerjaan dalam suatu proyek yang menjadi bagian kritis atas terselesainya proyek secara keseluruhan. Ketidaktepatan waktu suatu pekerjaan yang masuk dalam pekerjaan kritis akan menyebabkan proyek mengalami keterlambatan karena waktu finish proyek akan menjadi mundur atau delay, sehingga memerlukan perhatian khusus (kritis). Hal lain yang perlu diperhatikan berkaitan dengan jalur kritis yaitu slack pekerjaan jalur kritis sama dengan 0 (nol), sehingga memungkinkan relokasi sumber daya dari pekerjaan non kritis ke pekerjaan kritis. *CPM* dibangun atas suatu *network* yang dihitung dengan cara tertentu dan dapat pula dengan software. Metode ini sangat bermanfaat dalam perencanaan dan pelaksanaan pengawasan pembangunan suatu proyek. Penggunaan *CPM* secara sederhana bermaksud untuk membuat jadwal yang berukuran besar pada proyek besar menjadi jadwal yang lebih kecil sehingga jadwal tersebut dapat lebih mudah untuk dikelola. (Soeharto, 1995).

PDM (Precedence Diagram Method)

Metode preseden diagram atau *Precedence Diagram Method* (PDM) merupakan penyempurnaan dari CPM, karena pada prinsipnya CPM hanya menggunakan satu jenis hubungan aktifitas yaitu hubungan akhir awal dan sebuah kegiatan dapat dimulai apabila kegiatan yang mendahuluinya selesai (Purnamawati, 2015). Pada PDM sebuah kegiatan dapat dikerjakan tanpa menunggu kegiatan pendahulunya selesai 100%, hal tersebut dapat dilakukan dengan cara tumpang tindih (*overlapping*).

Kegiatan dan peristiwa pada PDM ditulis dalam node kegiatan yang berupa segi empat karena letak kegiatan ada di bagian node sehingga sering disebut juga *Activity On Node* (AON) (Ervianto, Wulfram I, 2002). Kotak-kotak segi empat tersebut menandai suatu kegiatan, dimana harus dicantumkan identitas kegiatan dan kurun waktunya. Sedangkan peristiwa merupakan ujung-ujung kegiatan. Setiap node memiliki dua peristiwa yaitu awal dan akhir. Kotak-kotak segiempat dalam Metode Preseden Diagram dibagi menjadi ruangan-ruangan kecil yang memberikan keterangan spesifik dari kegiatan dan peristiwa yang bersangkutan dan dinamakan atribut. Beberapa atribut yang sering dicantumkan diantaranya adalah kurun waktu kegiatan, identitas kegiatan (nomor dan nama), dan terkadang pula dicantumkan progress pelaksanaan kegiatan yang dapat mempermudah dalam monitor.

Microsoft Office Project

Microsoft Office Project adalah suatu software manajemen proyek berupa program perangkat yang dirancang untuk membantu manajer proyek dalam menentukan hubungan antar item pekerjaan (*network diagram*), menentukan total float, menentukan jalur kritis, mengembangkan rencana, menetapkan sumber daya untuk tugas-tugas, pelacakan kemajuan, mengelola anggaran dan menganalisis beban kerja (Expertindo, 2018) Kemudahan penggunaan dan keleluasaan lembar kerja serta cakupan unsur-unsur proyek menjadikan *software* ini sangat mendukung proses administrasi sebuah proyek.

Dalam penelitian ini, menggunakan *Microsoft Office Project* yang digunakan untuk membuat *network planning*, mencari total float dan menentukan lintasan kritis pada aktivitas kegiatan proyek. Dimulai dari *setting* pada calendar kemudian *input* durasi dan predesesor tiap kegiatan, barulah dapat diketahui lintasan kritis yang nantinya akan diidentifikasi dalam perhitungan kenaikan biaya akibat percepatan (*cost slope*).

Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. (Ibrahim, 2001)

Biaya Proyek

Biaya yang digunakan di proyek adalah biaya total yang merupakan penjumlahan dari:

1. Biaya langsung (*direct cost*)
Biaya langsung secara umum menunjukkan biaya tenaga kerja (menggaji buruh, mandor, pekerja), material dan bahan yang diperlukan, peralatan, dan biaya untuk pemakaian peralatan yang mempunyai hubungan erat dengan aktivitas proyek.
2. Biaya tidak langsung (*indirect cost*)
Biaya tidak langsung tidak dapat dihubungkan dengan paket kegiatan dalam proyek. Biaya tidak langsung secara langsung bervariasi dengan waktu, oleh karena itu pengurangan waktu akan menghasilkan pengurangan dalam biaya tidak langsung.

Alat Berat Konstruksi

Alat berat yang dikenal di dalam ilmu Teknik Sipil adalah alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu infrastruktur dalam bidang konstruksi. Alat berat merupakan faktor penting di dalam proyek terutama proyek-proyek konstruksi dengan skala yang besar. Tujuan alat-alat berat tersebut untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relatif lebih singkat dan diharapkan hasilnya akan lebih baik (Susy Fatena Rostiyanti. 1:2002).

Mempercepat Waktu Penyelesaian Proyek

Dengan mempercepat durasi proyek maka akan menyebabkan perubahan terhadap biaya dan waktu, yang meliputi:

1. Waktu Normal (*normal duration*) merupakan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan sampai selesai dengan tingkat produktivitas normal.
2. Waktu Dipercepat (*crash duration*) merupakan waktu tersingkat untuk menyelesaikan suatu kegiatan yang secara teknis masih memungkinkan.
3. Biaya Normal (*normal cost*) adalah biaya langsung yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan dengan kurun waktu normal.
4. Biaya untuk Waktu Dipercepat (*crash cost*) adalah jumlah biaya langsung untuk menyelesaikan pekerjaan dengan kurun waktu tersingkat.

Crash Cost dan Cost Slope

Crash cost adalah biaya yang digunakan untuk melaksanakan aktivitas kegiatan proyek dalam jangka waktu sebesar durasi *crash*-nya. Rumus *crash cost* penambahan jam kerja lembur adalah sebagai berikut:

$$\text{Jumlah pekerja} = \frac{\text{Koef.Pekerja} \times \text{Volume}}{\text{Durasi}} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Biaya upah lembur total} = \text{jmlh pkerja} \times \text{total tambahan waktu lembur} \times \text{biaya lembur /hari} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Crash cost} = \text{biaya lgsng normal} + \text{biaya upah lmbur total} \dots\dots\dots(3)$$

Rumus *crash cost* penambahan kapasitas alat adalah sebagai berikut:

$$\text{Biaya lembur total} = \text{Biaya alat/jam} \times \text{Produktivitas alat/jam} \times 7\text{jam} \\ \times \text{crash duration} \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{Crash cost} = \text{biaya lgsung nrmal} + \text{biaya upah lmbur total} \dots\dots\dots(5)$$

Cost slope merupakan penambahan biaya langsung per satuan waktu. Pada dasarnya perlu dicari kegiatan kritis yang akan dipercepat yang memiliki cost slope yang terkecil. Rumus untuk menghitung cost slope terdapat pada persamaan berikut.

$$\text{Cost slope} = \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}} \dots\dots\dots(6)$$

Analisis Time Cost Trade Off (TCTO)

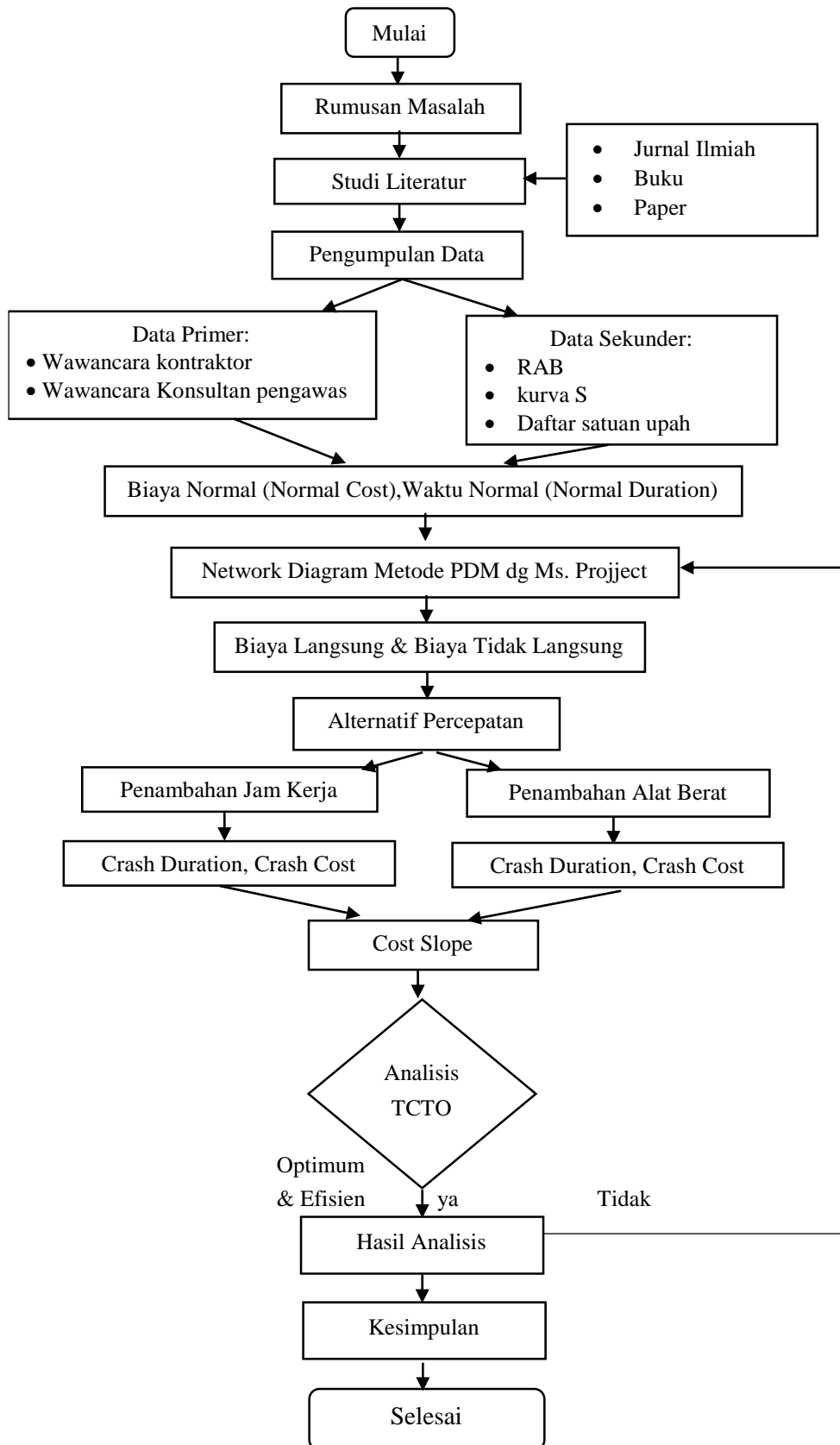
TCTO adalah suatu proses yang disengaja, sistematis, dan analitis dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. (Ervianto, 2004)

Terdapat beberapa alasan yang dapat menjadi dasar untuk melakukan percepatan durasi waktu dari sebuah proyek. Seperti adanya tekanan persaingan global, pemberian insentif kepada pelaksana proyek jika proyek selesai lebih cepat, dan kemungkinan terjadinya sebab-sebab yang tidak terduga seperti gangguan cuaca, kesalahan perancangan awal, kegagalan konstruksi serta kerusakan mesin dan peralatan dapat menjadi sebab mengapa durasi penyelesaian proyek harus dikurangi. Namun dalam upaya pengurangan durasi proyek ini terkadang biaya yang muncul mengalami kenaikan dari biaya rencana sebelumnya.

Dalam proses mempercepat penyelesaian proyek dengan melakukan penekanan waktu aktivitas, diusahakan agar pertambahan biaya yang ditimbulkan seminimal mungkin. Disamping itu harus diperhatikan pula bahwa penekanannya hanya dilakukan pada aktivitas-aktivitas yang ada pada lintasan kritis. Apabila penekanan dilakukan pada kegiatan yang tidak berada di lintasan kritis, maka waktu penyelesaian keseluruhan tidak akan berkurang. (Soeharto, 1995).

METODE PENELITIAN

Obyek pada penelitian ini dilakukan pada proyek Peningkatan Jalan Betoyo-Dagang STA 0+387 - 1+310, yang berlokasi di Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur. Tahapan pengerjaan penelitian ini diuraikan melalui sebuah alur penelitian sebagai berikut:



ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Menentukan Biaya Normal dan Waktu Normal

1. Biaya Normal

Untuk menentukan biaya normal dari proyek peningkatan jalan Betoyo-Dagang Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik, langsung mengambil dari data sekunder yakni pada total rekapitulasi rencana anggaran biaya. Bahwasanya biaya normal untuk proyek tersebut adalah sebesar Rp. 8.458.556.092, dengan biaya PPN 10% sebesar Rp. 845.855.600, maka total biaya normal sebesar Rp. 9.304.411.000 (SEMBILAN MILYAR TIGA RATUS EMPAT JUTA EMPAT RATUS SEBELAS RIBU RUPIAH).

2. Waktu Normal

Untuk menentukan waktu normal dari proyek peningkatan jalan Betoyo-Dagang Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik, mengambil dari time schedule proyek dan kontrak proyek. Jadi waktu normal dari proyek peningkatan jalan Betoyo-Dagang Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik adalah 135 hari kalender, yang dimulai pada tanggal 23 Juli sampai 4 Desember 2019. Dikarenakan dalam pelaksanaan mengalami keterlambatan, sehingga pekerjaan selesai sampai tanggal 31 Desember 2019. Maka waktu normal menjadi 162 hari kalender.

Menyusun Network Diagram

Menyusun hubungan ketergantungan antar kegiatan dengan hasil wawancara dengan konsultan/kontraktor dan durasi tiap kegiatan sesuai dengan durasi normal yang telah ditentukan. Dapat disusun jaringan kerja dengan menggunakan bantuan *software Microsoft Office Project* untuk melakukan perhitungan maju dan mundur. Program ini dapat membantu mempercepat dalam proses pembuatan jaringan kerja, karena item pekerjaan yang terdapat pada proyek pekerjaan Peningkatan Jalan Betoyo-Dagang Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik cukup banyak dan detail.

Network Diagram dan jalur kritis proyek pekerjaan Peningkatan Jalan Betoyo-Dagang Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik. Untuk rincian pekerjaan yang masuk pada jalur kritis dapat dilihat di bawah ini:

Tabel 1. Item Pekerjaan pada Jalur Kritis

Task Name	Task Name
PENINGKATAN JALAN BETOYO-DAGANG	STRUKTUR
Divisi 1. UMUM	Beton K-400 (Readymix)
Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank	Beton K - 125 Readymix
PEKERJAAN TANAH	Begesting Besi
Galian Biasa (menggunakan alat berat)	Baja Tulangan 24 Polos
Galian Tanah Biasa (Manual)	Baja Tulangan 40 Ulir
Penebangan Pohon	Penyediaan dan Pemancangan Fondasi Terucuk Bambu
PERKERASAN BERBUTIR	Pasangan Batu
Lapis Pondasi Agregat Kelas A, CBR Lebih Besar Sama Dengan 90%	Plesteran 1Pc3Psr tebal 1.5cm

Lapis Pondasi Agregat Kelas B Lebih Besar 65%	Acian
Lapis Pondasi Dengan Cement Treated Base (CTB)	PENGEMBALIAN KONDISI DAN PEKERJAAN MINOR
PERKERASAN ASPAL	Marka Jalan Thermoplastik
Lapis Resap Pengikat (1 Liter = 1,25 m ²)	
Lapis Perekat (1 Liter = 2,5 m ²)	
Laston Lapis Aus (AC-WC) = 4 cm	
Laston Lapis Antara (AC-BC)	

Sumber: Olahan Peneliti, 2020

Menghitung Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung

Biaya langsung merupakan biaya yang secara langsung terlibat dengan proses jalannya pelaksanaan konstruksi dilapangan. Cara menentukan biaya langsung ini didapatkan dengan laporan harian konsultan tentang kebutuhan jumlah pekerja dan material tiap item pekerjaan dan kemudian dirangkum didalam analisa teknis pekerjaan proyek pekerjaan Peningkatan Jalan Betoyo-Dagang Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik. Kemudian untuk harga upah dan harga material didapatkan dari RAB perencanaan awal proyek. Dalam penelitian ini biaya langsung yang didapatkan merupakan biaya aktual yang terjadi dilapangan yang berkaitan langsung dengan aktivitas proyek. Lebih detailnya sebagai berikut:

Biaya Proyek Sebelum PPN	=	Rp. 8.458.556.000
Biaya PPN 10%	=	Rp. 845.855.600
Biaya Proyek	=	Rp. 9.304.411.000
Biaya Langsung	=	Biaya Proyek
Biaya Langsung	=	Rp. 9.304.411.000

Meskipun tidak langsung berhubungan dengan pelaksanaan proyek dilapangan namun biaya tidak langsung ini harus tetap ada karena memang dibutuhkan. Untuk penetapan biaya tidak langsung yaitu 2% dari total biaya langsung. (Aspianingrum & Sugiyarto, 2017)

Biaya tidak langsung	=	2% x total biaya langsung
Biaya tidak langsung	=	2% x Rp. 9.304.411.000
Biaya tidak langsung	=	Rp. 186.088.000

Jadi untuk biaya langsung proyek sebesar Rp. 9.304.411.000 (Sembilan Milyar Tiga Ratus Empat Juta Empat Ratus Sebelas Ribu rupiah) dan biaya tidak langsung proyek sebesar Rp. 186.088.220 (Seratus Delapan Puluh Enam Juta Delapan Puluh Delapan Ribu Rupiah). Jadi total biaya proyek adalah Rp. 9.490.499.000 (Sembilan Milyar Empat Ratus Sembilan Puluh Juta Empat Ratus Sembilan Puluh Sembilan Ribu Rupiah).

Alternatif Percepatan

Pada penelitian ini usaha yang digunakan untuk mempercepat penyelesaian proyek tersebut adalah dengan menggunakan penambahan jam kerja (lembur) optimum. Alternatif kedua yakni dengan penambahan alat berat pada item pekerjaan yang kritis. Di bawah ini akan dikelompokkan item pekerjaan yang kritis yang sesuai pada dua alternatif

yakni penambahan jam kerja dan penambahan alat berat. Lebih detailnya akan dijelaskan di bawah ini:

1. Penambahan Jam Kerja:
 - a. Beton K-400 (Readymix)
 - b. Baja Tulangan 24 Polos
 - c. Baja Tulangan 40 Ulir
 - d. Pasangan Batu
 - e. Plesteran 1Pc3Psr tebal 1.5cm
 - f. Acian
2. Penambahan Alat Berat:
 - a. Galian Biasa (menggunakan alat berat)
 - b. Galian Tanah Biasa (Manual)
 - c. Lapis Pondasi Dengan Cement Treated Base (CTB)

Menentukan Crash Duration dan Crash Cost

Setelah mengelompokkan item pekerjaan pada dua alternatif yakni penambahan jam kerja dan penambahan alat berat, maka langkah selanjutnya yakni menentukan Crash Duration dan Crash Cost. Lebih detailnya sebagai berikut:

1. Penambahan Jam Kerja

Setelah dilakukan perhitungan crash duration dan crash cost sesuai dengan rumus yang ada pada kajian pustaka, maka diketahui hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Normal dan Crash Penambahan Jam kerja

No	Nama Pekerjaan	Normal		Crash	
		Dura Tion (hari)	Cost (Rp.)	Dura Tion (hari)	Cost (Rp.)
1	Beton K-400 (Readymix)	57	2.551.738.440	43,1	2.614.436.241
2	Baja Tulangan 24 Polos	30	373.962.055	22,7	385.261.362
3	Baja Tulangan 40 Ulir	5	16.824.929	3,8	17.320.115
4	Pasangan Batu	73	1.430.113.031	55,2	1.499.698.996
5	Plesteran 1Pc3Psr tebal 1.5cm	15	31.545.231	11,4	35.112.135
6	Acian	12	25.712.389	9,1	29.279.292

Sumber: Olahan Peneliti, 2020

2. Penambahan Alat Berat

Setelah dilakukan perhitungan crash duration dan crash cost sesuai dengan rumus yang ada pada kajian pustaka, maka diketahui hasil sebagai berikut:

Tabel 4.4 Normal dan Crash Penambahan Alat Berat

No	Nama Pekerjaan	Normal		Crash	
		Dura	Cost	Dura	Cost

		Tion (hari)	(Rp.)	Tion (hari)	(Rp.)
1	Galian Biasa (menggunakan alat berat)	5	57.159.420	3,8	73.495.213
2	Galian Tanah Biasa (Manual)	28	31.012.110	7,4	63.193.900
3	Lapis Pondasi Dengan Cement Treated Base (CTB)	11	390.270.642	2,2	439.664.292

Sumber: Olahan Peneliti, 2020

Menentukan Cost Slope

Setelah diketahui *Crash duration* dan *Crash Cost* maka Langkah selanjutnya yakni menentukan cost slope. Hasil perhitungannya sebagai berikut:

1. Penambahan Jam Kerja:
 - a. Beton K-400 (Readymix)
Cost slope = Rp. 4.522.064
 - b. Baja Tulangan 24 Polos
Cost slope = Rp. 1.548.424
 - c. Baja Tulangan 40 Ulir
Cost slope = Rp. 407.153
 - d. Pasangan Batu
Cost slope = Rp. 3.918.844
 - e. Plesteran 1Pc3Psr tebal 1.5cm
Cost slope = Rp. 977.596
 - f. Acian
Cost slope = Rp. 1.221.995
2. Penambahan Alat Berat
 - a. Galian Biasa (menggunakan alat berat)
Cost slope = Rp. 13.282.086
 - b. Galian Tanah Biasa (Manual)
Cost slope = Rp. 1.564.284
 - c. Lapis Pondasi Dengan *Cement Treated Base (CTB)*
Cost slope = Rp. 5.600.532

Analisis Time Cost Trade Off

Setelah didapatkan nilai cost slope (penambahan biaya akibat percepatan) dari masing-masing aktivitas pekerjaan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis pertukaran waktu dan biaya dengan metode Time Cost Trade Off Analysis. Analisis ini dilakukan dengan cara melakukan kompresi (penekanan) pada aktivitas yang berada pada lintasan kritis Penekanan (kompresi) durasi proyek dimulai dari aktivitas yang mempunyai cost slope (penambahan biaya akibat percepatan) terendah. Dari tahap-tahap pengkompresian tersebut akan dicari waktu terpendek dari biaya total yang paling minimal.

1. Penambahan Jam Kerja
 - Kombinasi dari beberapa item pekerjaan
Setelah kita mengetahui hasil dari item pekerjaan di atas, maka kita mengkombinasikan beberapa item pekerjaan yang kita percepat. Sampai hasil dari

durasi berkurang minimal menjadi 135 hari kalender, dengan biaya paling minimal. Maka hasil yang paling mendekati dengan durasi yang optimal dengan biaya paling minimal yaitu melakukan percepatan pada item pekerjaan Plesteran 1Pc:3Psr tebal 1.5 cm, acian, baja tulangan 24 polos, dan beton K-400 (Readymix). Lebih jelasnya sebagai berikut:

Menentukan nilai proyek setelah percepatan:

Biaya proyek setelah percepatan = Rp. 8.539.687.000
 PPN 10 % = Rp. 853.968.700
 Biaya tidak langsung
 (2% x (nilai proyek+ppn)) = Rp. 187.873.000

Total biaya normal proyek = Rp. 9.490.499.220
 Total biaya proyek percepatan = Rp. 9.581.528.000

Menentukan durasi proyek setelah percepatan:

Percepatan durasi = 27,7 hari

Durasi normal proyek = 162 hari
 Setelah percepatan = 134,3 hari

2. Penambahan Alat Berat

- Kombinasi dari beberapa item pekerjaan

Setelah kita mengetahui hasil dari item pekerjaan di atas, maka kita mengkombinasikan beberapa item pekerjaan yang kita percepat. Sampai hasil dari durasi berkurang minimal menjadi 135 hari kalender, dengan biaya paling minimal. Maka hasil yang paling mendekati dengan durasi yang optimal dengan biaya paling minimal yaitu melakukan percepatan pada item pekerjaan Galian tanah biasa (manual), dan lapis pondasi dengan *cement treated base (CTB)*. Lebih jelasnya sebagai berikut:

Menentukan nilai proyek setelah percepatan:

Biaya proyek setelah percepatan = Rp. 8.540.131.000
 PPN 10 % = Rp. 854.013.100

Biaya tidak langsung
 (2% x (nilai proyek+ppn)) = Rp. 187.882.000

Total biaya normal proyek = Rp. 9.490.499.220
 Total biaya proyek percepatan = Rp. 9.582.026.000

Menentukan durasi proyek setelah percepatan:

Percepatan durasi = 29,4 hari

Durasi normal proyek = 162 hari
 Setelah percepatan = 132,6 hari

KESIMPULAN

Berdasarkan olah data serta hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan pada proyek Peningkatan Jalan Betoyo-Dagang Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Durasi dan biaya setelah dilakukan analisis percepatan menggunakan metode *Time Cost Trade Off* dengan penambahan jam kerja, yakni durasi menjadi 134,3 hari. Dengan biaya setelah percepatan Rp. 9.581.528.000 (Sembilan Milyar Lima Ratus Delapan Puluh Satu Juta Lima Ratus Dua Puluh Delapan Ribu Rupiah).
2. Durasi dan biaya setelah dilakukan analisis percepatan menggunakan metode *Time Cost Trade Off* dengan penambahan alat berat, yakni durasi menjadi 132,6 hari. Dengan biaya setelah percepatan Rp. 9.582.026.000 (Sembilan Milyar Lima Ratus Delapan Puluh Dua Juta Dua Puluh Enam Ribu Rupiah).
3. Biaya yang harus dikeluarkan oleh kontraktor jika terkena denda adalah sebesar Rp. 9.668.128.600 (Sembilan Milyar Enam Ratus Enam Puluh Delapan Juta Seratus Dua Puluh Delapan Ribu Enam Ratus Rupiah). Dibandingkan dengan biaya yang paling minim setelah percepatan sebesar Rp. 9.581.528.000 (Sembilan Milyar Lima Ratus Delapan Puluh Satu Juta Lima Ratus Dua Puluh Delapan Ribu Rupiah). Maka lebih besar nilai denda dibandingkan dengan nilai percepatan paling minimal.
4. Durasi dan biaya paling optimum antara poin satu dan dua adalah poin satu dengan 134,3 hari, dengan biaya percepatan Rp. 9.581.528.000 (Sembilan Milyar Lima Ratus Delapan Puluh Satu Juta Lima Ratus Dua Puluh Delapan Ribu Rupiah).

SARAN

Setelah hasil dari kesimpulan di atas maka dirasa penelitian ini masih banyak sekali kekurangan dan memerlukan perbaikan. antara lain:

1. Hanya meneliti dengan dua alternatif percepatan.
2. Terbatas hanya satu proyek pekerjaan.
3. Memperbanyak alternatif percepatan selain penambahan jam kerja dan penambahan alat berat. Untuk penelitian selanjutnya.
4. Mencari metode percepatan proyek selain *Time Cost Trade Off* untuk menemukan hasil yang lebih optimum. Untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- A. P., Andrea Saputra. 2017. *Analisis Percepatan Aktifitas Pada Proyek Jalan Dengan Menggunakan Metode Fast Track, Crash Program, Dan What-If*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Adi, Restu Rama Bayu. 2016. *Analisa Percepatan Proyek Metode Crash Program Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Mixed Use Sentraland*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Asmaroni, Dedy. 2019. *Analisis Percepatan Durasi Terhadap Pekerjaan Proyek Konstruksi Time Cost Trade Off Method (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Dinas Perdagangan Dan Perindustrian Kabupaten Sampang)*. Pamekasan: Universitas Madura.
- Aspianingrum, F. G., & Sugiyarto. 2017. *Penerapan Metode Crashing Dalam Percepatan Durasi Proyek Dengan Alternatif Penambahan Jam Lembur dan Shift Kerja*. e-Jurnal Matriks Teknik Sipil.
- Biswas, S. K. 2016. *Time-Cost Trade-Off Analysis in a Construction Project Problem: Case Study*. Dhaka: Bangladesh University of Engineering and Technology.
- Ervianto, Wulfram I. 2002. *Manajemen Proyek Konstruksi*, Edisi Pertama. Yogyakarta: Salemba Empat.
- Fauzan, R. 2016. *Analisis Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Ulubelu Unit 3&4 Lampung*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Handoko, T. 2000. *Manajemen Personalia dan Sumberdaya Manusia*. Jakarta: Erlangga.

- Harjanto, Eddy. 2003. *Sains Manajemen : Analisis Kuantitatif Untuk Pengambilan Keputusan*. Jakarta: Grasindo.
- Herjanto, E. 2003. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Grasindo.
- Ibrahim, Bachtiar. 2001. *Rencana dan Estimate Real Of Cost*. Jakarta: Bumi Aksara
- Izzah, Nailul. 2017. *Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) pada Proyek Pembangunan Perumahan di PT. X*. Madura: Sekolah Tinggi Teknik Qomaruddin Gresik.
- Jaya, Adi Aprian. 2019. *Kajian Pengaruh Percepatan Waktu Pekerjaan Konstruksi Terhadap Biaya Proyek Bess Mansion Apartement Surabaya*. Surabaya: Universitas Dr. Soetomo.
- Katti, Anagha. 2016. *Project Crashing to Solve Time-Cost TradeOff* . Pune Maharashtra India.
- Kustiani, Ika. 2016. *Analisis Time Cost Trade Off Untuk Mengejar Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Di Bandar Lampung*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Luthan dan Syafriandi. 2006. *Aplikasi Microsoft Project untuk Penjadwalan Kerja Proyek Teknik Sipil*. Yogyakarta: CV. Andi Offset
- Maddepungeng, Andi. 2015. *Analisis optimasi biaya dan waktu dengan metode TCTO (time cost trade off) (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Pasar Petir Serang Banten)*. Banten: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Muhammad, Ardien Aslam. 2015. *Analisa Time Cost Trade Off pada Proyek Pasar Sentral Gadang Malang*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nuciferani, Felicia T. 2019. *Pengurangan Risiko Pinalti Dengan Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi*. Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Oetomo, Wateno. Priyoto. 2017. *Analisis Waktu Dan Biaya Dengan Metode Crash Duration Pada Keterlambatan Proyek Pembangunan Jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas*. Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional VII: Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Priyo, Mandiyo. 2015. *Aplikasi Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Priyo, Mandiyo. 2016. *Analisis Percepatan Waktu Dan Biaya Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Menggunakan Metode Time Cost Trade Off: Studi Kasus Proyek Pembangunan Prasarana Pengendali Banjir*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Purnamawati, M. N. 2015. *Analisis Time Cost Trade Off dengan Penambahan Jam Kerja Optimum*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Rochmanhadi. 1992. *Kapasitas dan Produksi Alat-Alat Berat*. Jakarta: YBPPU.
- Rostiyanti, Susy Fatena. 2002. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Soeharto, I. 1995. *Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga.
- Syah, Mahendra Sultan. 2004. *Manajemen Proyek : Kiat Sukses Mengelola Proyek*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama
- Vivaldy, Irwin Arsis. 2018. *Analisis Percepatan Proyek Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Proyek Makassar New Port - Paket D*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Wilopo, Djoko. 2009. *Metode Konstruksi dan Alat-Alat Berat*. Jakarta. Universitas Indonesia (UI Press).
- WK, Mas Nabilah. 2018. *Analisa Biaya Dan Waktu Project Crashing Pada Pembangunan Kapal Baru (Studi Kasus Pemmbangunan Kapal Cargo Ro-Pax 300 Di PT. Adiluhung Sarana Segara Indonesia)*. Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.