

ANALISIS PERCEPATAN WAKTU PELAKSANAAN MENGUNAKAN METODE *TIME COST TRADE OFF* PADA PROYEK KANTOR MITRA GROUP

Umami Khadijah Lubis¹, Melsa El Prina², Nofriadi³

Manajemen Rekayasa Konstruksi Gedung^{1,2,3}, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan
ummilubis@students.polmed.ac.id¹, melsaprina@students.polmed.ac.id², nofriadi@polmed.ac.id³

ABSTRAK

Dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi akan sering didapati kondisi dimana dibutuhkan percepatan waktu untuk pelaksanaan pekerjaannya, hal ini diyakini oleh pelaksana proyek merupakan hal yang penambahan biaya yang cukup besar. Dalam melakukan percepatan proyek harus direncanakan dengan baik dengan menggunakan berbagai alternatif percepatan. Alternatif yang dapat dipakai untuk melakukan percepatan proyek yaitu dengan penambahan jam kerja, penambahan tenaga kerja, maupun kombinasi dari keduanya. Metode percepatan yang digunakan yaitu *Time Cost Trade off*. Perhitungan dimulai dengan mencari lintasan kritis menggunakan Microsoft Project kemudian dilakukan *crashing* untuk mendapatkan *cost slope* kegiatan yang berada pada lintasan kritis. Dari hasil percepatan durasi pembangunan kantor Mitra Group Medan dengan menerapkan metode TCTO (*Time Cost Trade Off*) didapat durasi percepatan 221 hari dari durasi sebelumnya 260 hari lebih cepat 39 hari sehingga penyelesaian pekerjaan struktur dapat sesuai dengan rencana awal penjadwalan yang didapat dari kurva S proyek. Penambahan biaya total akhir proyek akibat percepatan sebesar Rp. 16.863.868.10 sehingga biaya total proyek menjadi Rp 4.526.762.667.50. dari nilai total proyek sebelumnya Rp 4.509.762.667.50.

Kata Kunci : Percepatan, Jalur Kritis, Metode TCTO, *Microsoft Project*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Proyek konstruksi merupakan rangkaian mekanisme pekerjaan yang saling mempengaruhi antara satu dengan yang lainnya. Sehingga dalam merencanakan bangunan perlu perencanaan yang baik dan matang ditinjau dari segi keamanan, biaya, kegunaan, bentuk, arsitektural, struktural ataupun jasa yang tersedia. Keterlambatan proyek merupakan permasalahan yang sudah sering terjadi. Keterlambatan ini sangat merugikan pihak-pihak terkait, baik kontraktor maupun pemilik proyek itu sendiri. (Soeharto, 2010)

Dalam melakukan percepatan waktu proyek perlu dipelajari tentang jaringan kerja yang ada dan hubungan antara waktu dan biaya dalam melakukan sebuah percepatan. Dengan memanfaatkan waktu yang optimal maka alternatif yang digunakan untuk menunjang percepatan yang dilakukan adalah dengan menambah jam kerja, menambah tenaga kerja, atau kombinasi penambahan tenaga kerja dan jam kerja. Salah satu metode yang bisa digunakan untuk melakukan analisa percepatan proyek tersebut adalah Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya (*Time Cost Trade Off Analysis*). 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.

Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode *Time Cost Trade Off Analysis* agar dapat memperpendek waktu penyelesaian proyek dengan kenaikan biaya yang seminimal mungkin. Penentuan kegiatan kritis pada penelitian ini menggunakan aplikasi Microsoft Project agar memudahkan mencari kegiatan kritis proyek dan menghindari *human eror* dalam perhitungan durasi dan penentuan kegiatan kritis. Berdasarkan uraian diatas, penulis ingin melakukan percepatan waktu pelaksanaan untuk mengatasi keterlambatan pada proyek dengan waktu dan biaya optimal.

Mencakup latar belakang, masalah, dan tujuan penelitian. Landasan teori yang ditampilkan dalam kalimat harus lengkap, ringkas, dan relevan. Penelitian relevan merupakan penelitian terdahulu atau sebelumnya yang relevan dengan konsep penelitian sehingga menjadi acuan atau dasar mengembangkan suatu hasil penelitian sebelumnya. Sumber Pustaka penelitian terdahulu wajib berasal dari Jurnal yang sudah dipublikasi.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang akan diangkat adalah:

- a. Berapakah durasi dan biaya optimal pada Proyek Pembangunan Kantor Mitra Group Medan ?
- b. Bagaimanakah perbandingan durasi optimal antara penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja dan kombinasi penambahan jam kerja serta penambahan tenaga kerja ?
- c. Bagaimanakah perbandingan biaya optimal antara penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja dan kombinasi penambahan jam kerja serta penambahan tenaga kerja ?
- d. Manakah yang lebih menguntungkan dari antara alternatif penambahan jam kerja (lembur), alternatif penambahan jumlah tenaga kerja dan alternatif kombinasi penambahan jam kerja serta penambahan tenaga kerja ?

Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih mengarah pada latar belakang dan permasalahan yang telah dirumuskan maka penulis membuat batasan-batasan masalah guna membatasi ruang lingkup penelitian, antara lain:

- a. Percepatan durasi proyek dilakukan dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off*.
- b. Pengambilan data berasal dari proyek pembangunan Kantor Mitra Group Medan.
- c. Penelitian dilakukan pada seluruh item pekerjaan yang terdapat pada Proyek Pembangunan Kantor Mitra Group Medan.
- d. Perhitungan *crash duration* pada penelitian ini menggunakan alternatif yaitu penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan jumlah tenaga kerja pada lintasan kritis diagram Network.
- e. Penggunaan *Microsoft Project* dalam melakukan pengujian *crash*.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari skripsi ini antara lain:

- a. Menghitung durasi yang optimal untuk menyelesaikan Proyek Pembangunan Kantor Mitra Group Medan.
- b. Menghitung dan membandingkan perkiraan durasi yang optimal antara akibat penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja dan kombinasi penambahan jam kerja serta penambahan tenaga kerja.
- c. Menghitung dan membandingkan perkiraan biaya yang optimal antara akibat penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja dan kombinasi penambahan jam kerja serta penambahan tenaga kerja.
- d. Mengetahui alternatif yang lebih menguntungkan.

TINJAUAN PUSTAKA

Proyek dan Manajemen Proyek

Menurut Nurhayati (2010), sebuah proyek merupakan suatu usaha / aktivitas yang kompleks, tidak rutin, dibatasi oleh waktu, anggaran, resource, dan spesifikasi performansi yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Manajemen proyek adalah aplikasi pengetahuan (*knowledges*), keterampilan (*skills*), alat (*tools*) dan teknik (*techniques*) dalam aktivitas - aktivitas proyek untuk memenuhi kebutuhan - kebutuhan proyek. Manajemen proyek dilaksanakan melalui aplikasi dan integrasi tahapan proses manajemen proyek yaitu *initiating, planning, executing, monitoring dan controlling* serta akhirnya *closing* keseluruhan proses proyek tersebut.

Biaya Proyek

Selama masa konstruksi, suatu proyek memerlukan berbagai jenis sumberdaya (4M) antara lain tenaga kerja (*man*), material, metode (*method*) dan peralatan (*machine*). Kebutuhan sumber daya akan mempengaruhi masalah keuangan seperti masalah biaya dan pendapatan proyek. Biaya yang digunakan pada proyek adalah biaya total. Total biaya untuk setiap durasi waktu adalah jumlah biaya langsung dan biaya tidak langsung.

Critical Path Methode (CPM)

(Bayu, 2017) menjelaskan *Metode CPM (Critical Path Method)* CPM (*Critical Path Method*) adalah suatu metode dengan menggunakan *arrow diagram* dalam menentukan lintasan kritis sehingga kemudian disebut juga sebagai diagram lintasan kritis. Metode CPM membantu mendapatkan lintasan kritis, yaitu lintasan yang menghubungkan kegiatan – kegiatan kritis, atau dengan kata lain lintasan kritis adalah lintasan kegiatan yang tidak boleh terlambat ataupun mengalami penundaan pelaksanaan karena keterlambatan tersebut akan menyebabkan keterlambatan pada waktu total penyelesaian proyek. *Metode Pertukaran Waktu dan Biaya (TimeCost Trade Off)* di dalam perencanaan suatu proyek disamping mempunyai peranan yang sangat penting. Biaya (*cost*) merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen, dimana biaya yang timbul harus di kendalikan seminim mungkin.

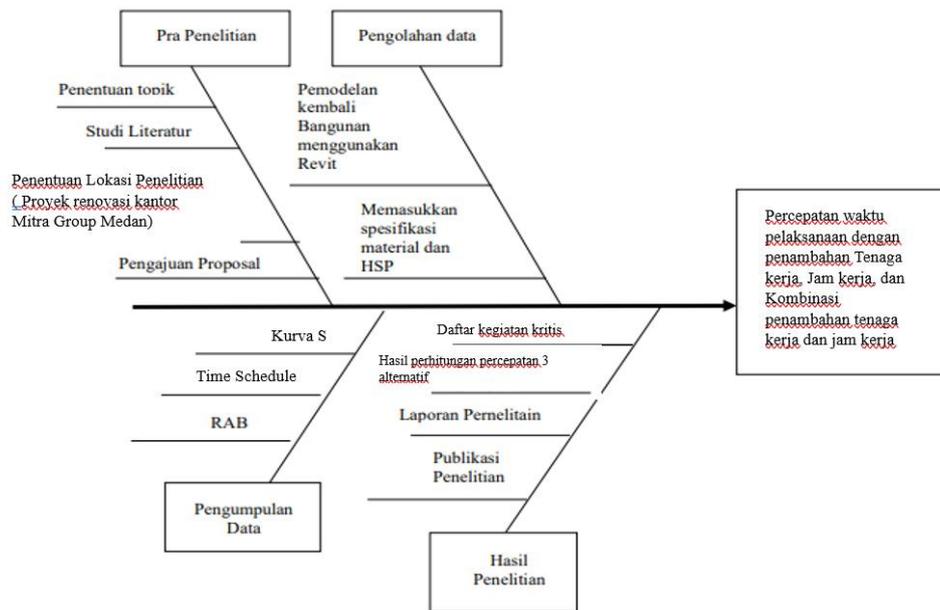
Program Microsoft Project

Program *Microsoft Project* adalah sebuah aplikasi program pengolah lembar kerja untuk manajemen suatu proyek, pencarian data, serta pembuatan grafik. Beberapa jenis metode manajemen proyek yang di kenal saat ini, antara lain CPM (*Critical Path Method*), PERT (*Program Evaluation Review Technique*), dan Gantt Chart. *Microsoft Project* adalah penggabungan dari ketiganya. *Microsoft project* juga merupakan sistem perencanaan yang dapat membantu dalam menyusun penjadwalan (*scheduling*) suatu proyek atau rangkaian pekerjaan .

METODE PENELITIAN**Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Renovasi Kantor PT. Sumber Mitra Jaya yang terletak di Jalan Darat No. 26, Medan.

Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Rancangan Penelitian

Data pada penelitian ini diperoleh dari proyek Pembangunan Kantor Mitra Group Medan berupa RAB, Time Schedule, Kurva S. Analisis data dimulai dari menentukan kegiatan kritis menggunakan Microsoft Ptoject sampai mendapatkan pekerjaan yang termasuk kegiatan kritis. Dengan menginputkan data yang terkait untuk dianalisis kedalam program Microsoft Project 2016, dan hasil penginputan data adalah lintasan kritis. Setelah lintasan kritis didapat selanjutnya dianalisis setiap kegiatan pekerja yang berada di lintasan kritis dengan metode *time cost trade off* yaitu penambahan jam lembur dan tenaga kerja yang juga dibantu dengan Microsoft Excel 2016 untuk mempermudah analisis dan perhitungan.

Teknik Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa data rencana anggaran biaya, time schedule, dan kurva s berdasarkan data proyek yang menggunakan metode konvensional. Lalu, data yang sudah dikumpulkan akan menjadi bahan dalam menganalisis keterlambatan dan dilakukannya percepatan proyek.

Teknis Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan bantuan program Microsoft Project 2016, Metode Time Cost Trade Off dan Microsoft Excel 2016. Dengan menginputkan data yang terkait untuk dianalisis kedalam program Microsoft Project 2016, dan hasil penginputan data adalah lintasan kritis. Setelah lintasan kritis didapat selanjutnya dianalisis setiap kegiatan pekerja yang berada di lintasan kritis dengan metode *time cost trade off* yaitu penambahan jam lembur dan tenaga kerja yang juga dibantu dengan Microsoft Excel 2016 untuk mempermudah analisis dan perhitungan.

Hasil dari analisis tersebut adalah percepatan durasi dan kenaikan biaya akibat percepatan durasi dalam setiap kegiatan yang dipercepat. Kenaikan biaya ini disebabkan karena penambahan jam lembur dan tenaga kerja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kegiatan kritis menggunakan Microsoft Project, Hasil perhitungan percepatan dengan metode Time Cost Trade Off menggunakan Microsoft Excel. Dibawah ini disajikan Tabel.1 yaitu daftar kegiatan kritis.

Tabel 1. Hasil Perbandingan Volume Pengecoran Beton

NO	PEKERJAAN	DURASI NORMAL (HARI)
II	PEKERJAAN PEMBONGKARAN	18
III	PEKERJAAN STRUKTUR BALOK,KOLOM,DAN PLAT LANTAI Lantai 1	24
IV	PEKERJAAN STRUKTUR TANGGA Struktur tangga lantai 1 Struktur tangga lantai 2 Struktur tangga lantai 3 Struktur tangga lantai 4	154
V	PEKERJAAN STRUKTUR LIFT Pekerjaan dinding & pitlift	12
VI	PEKERJAAN ARSITEKTUR Lantai 2	18
X	PEKERJAAN PLUMBING DAN SANITARY Grountank Kap 3m3 (Mitra Bio) instalasi air bekas dan kotor a. Lantai 1 b. Lantai 2 c. Lantai 3 Instalasi Air Bersih a. Lantai 1	6 6 6 6 6
NO	PEKERJAAN	DURASI NORMAL (HARI)
	Instalasi Sanitair a. Lantai 1 b. Lantai 2 c. Lantai 3 d. Lantai 4 Pekerjaan lantai 5 rooftank kap 3 m3 Pompa booster Instalasi pipa header booster	42 6 6 6 6
XI	PEKERJAAN LAIN-LAIN Pembuatan Meja Beton wastafel (Cor, Finish Keramik) Pembuatan Ruang Genset uk 4,00x3,50 m	18 18

Tabel 1 yang tertera di atas memvisualisasikan pekerjaan yang akan dipercepat.

Durasi Percepatan

Setelah dilakukan perhitungan seperti didapatlah durasi percepatan setiap kegiatan-kegiatan yang berada di jalur kritis dari setiap alternatif-alternatif yang ada. Penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja menghasilkan durasi yang sama. Sedangkan alternatif kombinasi

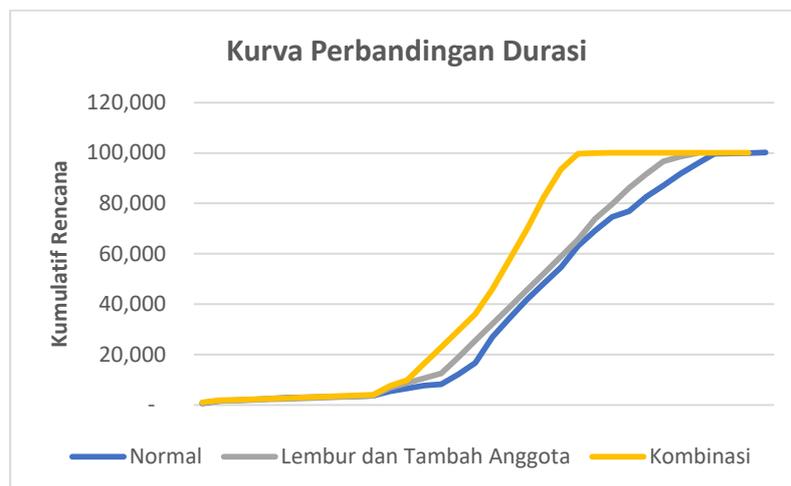
penambahan jam kerja dan tenaga kerja, memiliki durasi percepatan (*Crash Duration*) yang berbeda. Analisis percepatan durasi tersebut disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Percepatan Durasi

URAIAN PEKERJAAN	DURASI ALTERNATIF TAMBAH TENAGA DAN LEMBUR	DURASI ALTERNATIF KOMBINASI
PEKERJAAN PEMBONGKARAN	15 days	12 days
Lantai 1	5 days	4 days
Lantai 2	5 days	4 days
Lantai 3	5 days	4 days
Buang Puing ke luar proyek	10 days	8 days
PEKERJAAN STRUKTUR KOLOM, BALOK & PLAT LANTAI	73 days	69 days
LANTAI 1	19 days	15 days
LANTAI 2	12 days	12 days
LANTAI 3	18 days	18 days
LANTAI 4	12 days	12 days
LANTAI 5	12 days	12 days
PEKERJAAN STRUKTUR TANGGA	146 days	138 days
STRUKTUR TANGGA LANTAI 1-2	10 days	8 days
STRUKTUR TANGGA LANTAI 2-3	10 days	8 days
STRUKTUR TANGGA LANTAI 3-4	10 days	8 days
STRUKTUR TANGGA LANTAI 4-5	10 days	8 days
PEKERJAAN STRUKTUR LIFT	70 days	68 days
DINDING & LANTAI PITLIFT	10 days	8 days
BALOK PENJEPIT LIFT	60 days	60 days
PEKERJAAN ARSITEKTUR	56 days	54 days
PEKERJAAN LANTAI 1	18 days	18 days
PEKERJAAN LANTAI 2	14 days	12 days
PEKERJAAN LANTAI 3	18 days	18 days
PEKERJAAN LANTAI 4	12 days	12 days
PEKERJAAN LANTAI 5	6 days	6 days
PEKERJAAN ATAP	12 days	12 days
PEKERJAAN RAILING DAN HAND RAILING TANGGA	12 days	12 days
PEKERJAAN FAÇADE	30 days	30 days
PEKERJAAN MEKANIKAL ELEKTRIKAL	62 days	52 days
Groundtank kap. 3 m3	5 days	4 days
Pompa transfer	6 days	6 days
Septictank kap. 3 m3	6 days	6 days
Instalasi Header transfer	6 days	6 days
Instalasi pipa PVC Air bekas dan Kotor	39 days	36 days
Lantai 1 (Dasar)	5 days	4 days
Lantai 2	5 days	4 days
Lantai 3	5 days	4 days
Lantai 4	6 days	6 days
Instalasi Pipa Air Bersih	35 days	34 days
Lantai 1	5 days	4 days
Lantai 2	6 days	6 days

Lantai 3	6 days	6 days
Lantai 4	6 days	6 days
Instalasi Sanitair	38 days	34 days
Lantai 1	5 days	4 days
Lantai 2	5 days	4 days
Lantai 3	5 days	4 days
Lantai 4	5 days	4 days
Pekerjaan Lantai 5	10 days	8 days
Rooftank Kap. 3 m ³	5 days	4 days
Pompa Booster	5 days	4 days
Instalasi Pipa Header Booster	5 days	4 days
PEKERJAAN LAIN-LAIN	28 days	24 days
Pembuatan meja beton wastafel	14 days	12 days
Pembuatan Ruang Genset Uk 4x3,5m	14 days	12 days

Untuk memperjelas perbandingan antara jadwal rencana awal dengan jadwal rencana percepatan, maka dapat dilihat pada Gambar.2 berikut:



Gambar 2. Kurva perbandingan durasi rencana dan percepatan

Biaya Percepatan

Setelah menghitung biaya upah tambahan dari ketiga alternatif, maka dilakukan perhitungan biaya total percepatan dari ketiga alternatif yang dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Biaya total percepatan

No	Uraian Pekerjaan	Biaya Total Normal (Rp)	Biaya Total Lembur (Rp)	Biaya Total Tambah Anggota (Rp)	Biaya Total Kombinasi (Rp)
1	Pekerjaan Persiapan	Rp 261,126,140.000	Rp 261,126,140.000	Rp 261,126,140.000	Rp 261,126,140.000
2	Pekerjaan Pembongkaran	Rp 63,554,750.000	Rp 69,752,312.500	Rp 66,354,229.167	Rp 72,805,212.243
3	Pekerjaan Struktur Kolom, Balok, dan Plat Lantai	Rp 784,643,539.500	Rp 778,818,596.060	Rp 767,556,604.075	Rp 770,664,019.927
4	Pekerjaan Struktur Tangga	Rp 68,481,033.000	Rp 103,071,001.140	Rp 69,121,971.264	Rp 73,227,059.335
5	Pekerjaan Struktur Lift Beton K300	Rp 47,257,487.475	Rp 61,951,559.687	Rp 48,792,334.536	Rp 50,673,112.539
6	Pekerjaan Arsitektur	Rp 1,650,258,574.760	Rp 1,704,985,386.374	Rp 1,678,822,514.366	Rp 1,719,849,302.331

7	Pekerjaan Atap	Rp 173,569,390.000	Rp 172,569,390.000	Rp 172,569,390.000	Rp 172,569,390.000
8	Pekerjaan Railing Tangga	Rp 84,000,000.000	Rp 84,000,000.000	Rp 84,000,000.000	Rp 84,000,000.000
9	Pek. Plumbing dan Sanitary	Rp 133,143,685.000	Rp 134,066,289.167	Rp 133,386,685.000	Rp 134,450,257.581
10	Pekerjaan Façade	Rp 677,814,650.265	Rp 677,089,000.000	Rp 677,089,000.000	Rp 677,089,000.000
11	Pekerjaan lain- lain	Rp 119,000,000.000	Rp 119,418,483.333	Rp 119,223,055.556	Rp 119,526,380.645
TOTAL		Rp 4,062,849,250.000	Rp 4,166,848,158.260	Rp 4,078,041,923.962	Rp 4,135,979,874.601
PPN 11%		Rp 446,913,417.50	Rp 458,353,297.41	Rp 448,584,611.64	Rp 454,957,786.21
Biaya Total Percepatan			Rp 4,625,201,455.668	Rp 4,526,626,535.598	Rp 4,590,937,660.807

Untuk memperjelas perbandingan biaya total percepatan dari ketiga alternatif, maka dapat dilihat pada Gambar 3. berikut:



Gambar 3. Perbandingan biaya percepatan

Biaya percepatan dari alternatif penambahan jam kerja, penambahan tenaga kerja dan kombinasi dari penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja, ketiga alternatif tersebut menghasilkan biaya percepatan yang berbeda. Berikut rincian perbandingan biaya optimal dari ketiga alternatif yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4. Berikut;

Tabel 4. Perbandingan biaya percepatan

Alternatif	Biaya Normal	Biaya Percepatan (Crash Cost)	Persentase Biaya Percepatan
Penambahan Jam Kerja (Lembur)	Rp 4,509,762,667.50	Rp 4,625,201,455.67	2,7%
Penambahan Tenaga Kerja	Rp 4,509,762,667.50	Rp 4,526,626,535.60	0,39%
Kombinasi Penambahan Jam Kerja dan Tenaga Kerja	Rp 4,509,762,667.50	Rp 4,590,937,660.81	1,82%

Menentukan Alternatif Terbaik

Dari hasil analisis didapat durasi optimal dengan cara percepatan menggunakan kombinasi penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja (lembur) didapat durasi normal 201 hari kerja dari waktu keterlambatan 260 hari maka didapat efisiensi waktu proyek sebanyak 59 hari (23%). Pada alternatif penambahan tenaga kerja dan jam kerja diperoleh durasi optimal yang sama yaitu 221 hari kerja kerja dari durasi normal 260 hari maka didapat efisiensi waktu proyek sebanyak 39 hari (15,6%).

Biaya optimal dari alternatif penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja, dan kombinasi penambahan jam kerja dan tenaga kerja memiliki efisiensi biaya optimal yang berbeda, yaitu:

- a) Biaya optimal yang diperoleh dari penambahan jam kerja (lembur) dengan selisih biaya Rp 115,438,788.168 . Sehingga peningkatan biaya percepatan adalah 2,7%.
- b) Biaya optimum yang diperoleh dari penambahan tenaga kerja dengan selisih biaya Rp 16,863,868.098. Sehingga peningkatan biaya biaya percepatan adalah 0,38 %.
- c) Biaya optimum diperoleh dari kombinasi penambahan jam kerja (lembur) dan tenaga kerja dengan selisih biaya Rp 81,174,993.307 . Sehingga peningkatan biaya percepatan adalah 1,82%.

Maka, Setelah dilakukan percepatan durasi pada proyek Pembangunan Kantor Mitra Group Medan dengan ketiga alternatif tersebut, dapat disimpulkan bahwa dengan alternatif penambahan tenaga kerja sebesar 25% lebih ekonomis dari segi biaya. Hal ini disebabkan karena penambahan tenaga kerja menghasilkan efisiensi waktu proyek sebesar 15,9% dan peningkatan biaya terkecil yaitu sebesar 0,38%.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil percepatan durasi proyek dengan metode pertukaran waktu dan biaya pada proyek pembangunan Kantor Mitra Group Medan , durasi optimal proyek terdapat pada alternatif kombinasi penambahan jam kerja dan tenaga kerja, yang mana diperoleh umur proyek 201 hari kerja dari waktu keterlambatan 260 hari dengan persentase percepatan sebesar 23%. Sedangkan biaya optimal terdapat pada alternatif penambahan tenaga kerja, yang mana diperoleh peningkatan biaya proyek terkecil setelah dilakukan percepatan sebesar Rp 16,863,868.09 dengan persentase peningkatan biaya 0,38%. Maka, Setelah dilakukan percepatan durasi pada proyek Pembangunan Kantor Mitra Group Medan dengan ketiga alternatif tersebut, dapat disimpulkan bahwa dengan alternatif penambahan tenaga kerja sebesar 25% lebih ekonomis dari segi biaya dan cukup efektif dari segi waktu. Hal ini disebabkan karena penambahan tenaga kerja menghasilkan efisiensi waktu proyek sebesar 15,9% dan peningkatan biaya terkecil yaitu sebesar 0,38%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih Kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini. Terima kasih kepada seluruh pihak serta rekan yang membantu keberhasilan penulisan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Nurhayati. 2010. Manajemen proyek konstrukai. Yogyakarta : GrahaIlmu.
- Soeharto, Iman. 1999. Manajemen proyek : konsep & implementasi.(Edisi 2). Penerbit : Erlangga, Jakarta.
- Ardika, o. p., sugiyarto, & handayani, f. s. (2014). analisis time cost trade off dengan penambahan jam kerja pada proyek konstruksi (studi kasus : proyek pembangunan jalan tol bogor ring road seksi ii a). *jurnal matriks teknik sipil*.
- Wirabakti, Deden dkk. 2014. Studi faktor-faktor penyebab keterlambatan proyek konstruksi bangunan gedung. *Jurnal Konstruksia Vol 6 No 1 Universitas Agung Tirtayasa*.
- Bayu, Indra. 2017. Aplikasi Metode *Time Cost Trade Off* untuk mengoptimalkan waktu dan biaya pekerjaan proyek pembangunan gedung pengairan Universitas Brawijaya. Skripsi : Universitas Brawijaya.