

ANALISIS PERCEPATAN PROYEK MENGGUNAKAN METODE *TIME COST TRADE OFF* DENGAN PENAMBAHAN JAM KERJA LEMBUR DAN JUMLAH ALAT

Rizky Widyo Kisworo¹⁾, Fajar Sri Handayani²⁾, Sunarmasto³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2), 3)} Dosen Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: rizky.sipil.rw@gmail.com

ABSTRAK

Proyek pada umumnya memiliki batas waktu (*deadline*), artinya proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang telah ditentukan. Proyek pembangunan Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Bawen-Solo Seksi II dengan panjang 1,3 km, yang berlokasi di Desa Ngargosari, Kecamatan Ampel, Kabupaten Boyolali ini dipilih sebagai objek penelitian karena pihak *owner* menginginkan percepatan pada proses pelaksanaan pembangunan proyek dengan titik tinjauan pekerjaan *Main Road*. Hal ini disebabkan agar Jalan Tol Semarang-Solo tersebut dapat segera difungsikan.

Metode yang dapat digunakan untuk mempercepat durasi proyek adalah metode *time cost trade off*. Alternatif yang digunakan adalah dengan penambahan jam kerja lembur dan kapasitas alat optimum. Tujuan penelitian adalah untuk mempercepat waktu pelaksanaan proyek dengan penambahan biaya minimum, menganalisis sejauh mana waktu dapat dipersingkat dengan penambahan biaya minimum dan membandingkan alternatif-alternatif percepatan yang lebih efisien untuk dilaksanakan.

Rencana awal proyek yang dilakukan penelitian membutuhkan waktu penyelesaian 245 hari dengan biaya Rp 39.349.097.164,38. Penelitian ini menunjukkan bahwa pada proses crashing tahap ke-28 dengan penambahan jam kerja lembur mempunyai biaya optimal proyek sebesar Rp 39.236.409.113,12 efisiensi biaya sebesar 0,29% dengan waktu penyelesaian proyek 191 hari dan efisiensi waktu sebesar 22,0408%. Alternatif penambahan kapasitas alat menghasilkan waktu optimal 212 hari dengan efisiensi waktu sebesar 0,015% dan biaya optimal Rp 39.342.963.710,11 dengan efisiensi biaya sebesar 13,4694% pada proses crashing tahap ke-7.

Kata kunci: percepatan proyek, *time cost trade off*, penambahan jam kerja lembur, jumlah alat, PDM.

ABSTRACT

Projects generally have a time limit (deadline), meaning that the project must be completed before or right at a predetermined time. The construction project of Semarang-Solo toll road segment Bawen-Solo Section II with a length of 1.3 km, located in the village Ngargosari, District Ampel, Boyolali have been selected as the research object because the owner wants to be accelerated in the process of implementation of development projects with the point of a review of work Main Road. This is caused in order to Semarang-Solo toll road can be immediately enabled.

The method can be used to accelerate the project duration is the time cost trade off method. Alternative used is the addition of optimum overtime hours and instrument capacity. The purpose of the research is to accelerate project implementation time with the addition of a minimum cost, to analyze the extent of time can be shortened by the addition of a minimum cost and comparing alternatives acceleration is more efficient to be implemented.

Initial planning of the project requires 245 days and the cost is Rp 39,349,097,164.38. This research shows that in the process of crashing at step-28 with overtime hours additional has Rp 39,236,409,113.12 cost efficiency 0.29% as optimal cost and 191 days and time efficiency is 22.0408% of optimal time project. While the acceleration of instrument capacity additional alternative produces 212 days with time efficiency is 0.015% as optimal time and has optimal cost Rp 39,342,963,710.11 with cost efficiency is 13.4694% that reached at step-7 of crash process.

Key words: acceleration project, *time cost trade off*, overtime hours additional, amounts of instrument, PDM.

PENDAHULUAN

Proyek pada umumnya memiliki batas waktu (*deadline*), artinya proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang telah ditentukan. Berkaitan dengan masalah proyek ini maka keberhasilan pelaksanaan sebuah proyek tepat pada waktunya merupakan tujuan yang penting baik bagi pemilik proyek maupun kontraktor. Aktivitas dalam suatu proyek bermacam-macam. Dalam aktivitas-aktivitas tersebut terdapat sumber daya yang ditugaskan, peralatan yang dibutuhkan, dan berbagai metode pelaksanaan yang diterapkan sehingga dapat diperkirakan durasi dan biaya untuk menyelesaikan tiap aktivitas (Ariany, 2010).

Dalam praktiknya, pelaksanaan proyek konstruksi di lapangan terdapat berbagai kemungkinan yang dapat menyebabkan keterlambatan, misalnya perubahan desain, pengaruh cuaca, keterlambatan suplai material, dan kesalahan perencanaan atau spesifikasi. Apabila hal ini terjadi maka pihak kontraktor sebagai pelaksana di lapangan harus dengan cekatan memberikan solusi atas keterlambatan tersebut, misalnya dengan melakukan

percepatan. Percepatan dapat dilakukan tidak hanya untuk mengatasi masalah keterlambatan. Apabila ada permintaan secara khusus dari *owner* untuk mempercepat proyek, maka percepatan tersebut juga dapat diterapkan. Proyek pembangunan Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Bawen-Solo Seksi II dengan panjang 1,3 km, yang berlokasi di Desa Ngargosari, Kecamatan Ampel, Kabupaten Boyolali ini dipilih sebagai objek penelitian karena pihak *owner* menginginkan percepatan pada proses pelaksanaan pembangunan proyek dengan titik tinjauan pekerjaan *Main Road*. Hal ini disebabkan agar Jalan Tol Semarang-Solo tersebut dapat segera difungsikan. Metode yang dapat digunakan untuk mempercepat durasi proyek adalah metode *Time Cost Trade Off*. Alternatif yang digunakan adalah dengan penambahan jam kerja lembur dan kapasitas alat optimum. Tujuan dari penelitian adalah untuk mempercepat waktu pelaksanaan proyek dengan penambahan biaya minimum, menganalisis sejauh mana waktu dapat dipersingkat dengan penambahan biaya minimum dan membandingkan alternatif-alternatif percepatan yang lebih efisien untuk dilaksanakan.

LANDASAN TEORI

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. Penjadwalan Proyek dapat berupa:

a. Kurva S

Kurva S mempresentasikan bobot pekerjaan kumulatif pada sumbu vertikal terhadap waktu pada sumbu horizontal. Bobot pekerjaan adalah nilai persentase proyek yang menggambarkan kemajuan proyek tersebut. Perbandingan kurva S rencana dengan kurva pelaksanaan memungkinkan dapat diketahuinya kemajuan pelaksanaan proyek apakah sesuai, lambat, ataupun lebih dari yang direncanakan. (Luthan, Putri Lynna A., Syafriandi. 2006).

b. Network Planning

Herjanto, Eddy (2003) mendefinisikan bahwa perencanaan jaringan kerja (*network planning*) adalah suatu model yang banyak digunakan dalam penyelenggaraan proyek yang produknya berupa informasi mengenai kegiatan-kegiatan yang ada dalam diagram jaringan kerja yang bersangkutan.

Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Menurut Ibrahim (2001) 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.

Biaya Proyek

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

a. 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.

b. 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:

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

Produktivitas kerja lembur diperhitungkan sebesar 75% dari produktivitas normal. Produktivitas kerja merupakan perbandingan antara kuantitas pekerjaan yang dilakukan dengan sumber daya yang digunakan.

$$\text{Produktivitas harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Normal Duration}} \dots\dots\dots [1]$$

$$\text{Produktivitas /jam} = \frac{\text{Produktivitas Harian}}{7 \text{ Jam}} \dots\dots\dots [2]$$

$$\text{Produktivitas harian sesudah crash} = \text{Produktivitas harian} + (3 \times \text{produktivitas per jam} \times 75\%) \dots\dots [3]$$

Dari nilai produktivitas harian sesudah crash tersebut dapat dicari waktu penyelesaian proyek setelah dipercepat (*crash duration*)

$$\text{Crash duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas harian setelah Crash}} \dots\dots\dots [4]$$

Hitungan *Crash Duration* untuk alternatif penambahan kapasitas alat :

$$\text{Produktivitas harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Normal Duration}} \dots\dots\dots [5]$$

$$\text{Produktivitas /jam} = \frac{\text{Produktivitas Harian}}{7 \text{ Jam}} \dots\dots\dots [6]$$

$$\text{Produktivitas harian sesudah crash} = \text{Produktivitas harian} + \text{produktivitas tambahan alat/jam} \dots\dots\dots [7]$$

Dari nilai produktivitas harian sesudah crash tersebut dapat dicari waktu penyelesaian proyek setelah dipercepat (*crash duration*)

$$\text{Crash duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas harian setelah Crash}} \dots\dots\dots [8]$$

Perhitungan Produktivitas Alat

1. Excavator/Backhoe

Produksi *excavator* dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini (Rochmanhadi 20:1982 Kapasitas dan Produksi Alat-Alat Berat):

$$Q = \frac{V \times Fb \times Fa \times 60}{Ts1 \times Fk} \dots\dots\dots [9]$$

Keterangan :

Q : Produksi per jam (m /jam)

V : Kapasitas *bucket*

Fb : Faktor *bucket*

- Fa : Faktor efisiensi Alat
- Fk : Faktor pengembangan bahan
- Ts1 : Waktu siklus

2. *Bulldozer*

Kapasitas produksi alat dengan menggunakan persamaan di bawah ini (Rochmanhadi 41:1984 Kapasitas dan Produksi Alat-Alat Berat):

Rumus kapasitas produksi :

$$KP = \frac{Lh \times B \times Fa \times 60}{Ts} \dots\dots\dots [10]$$

Keterangan :

- KP : Kapasitas produksi
- Lh : Panjang hamparan
- B : Lebar efektif kerja *blade*
- Fa : Faktor efisiensi alat
- Ts : Waktu siklus

3. *Vibration Roller*

Untuk menghitung produksi alat dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Djoko Wilopo, 44:2009 dalam Buku Metode Konstruksi dan Alat-Alat Berat):

$$KP = \frac{(v \times 100) \times b \times t \times Fa}{n} \dots\dots\dots [11]$$

Keterangan :

- KP : Kapasitas produksi
- v : Kecepatan rata-rata alat
- b : Lebar efektif pemadatan
- n : Jumlah *passing*
- Fa : Faktor efisiensi alat
- t : Tebal hamparan padat

4. *Dump Truck*

Produksi per jam total dari beberapa *dump truck* yang mengerjakan pekerjaan yang sama secara simultan dapat dihitung dengan rumus berikut ini (Rochmanhadi 34:1984 dalam buku Kapasitas dan Produksi Alat-Alat Berat) :

$$KP = \frac{V \times Fa \times 60}{Fk \times Ts} \dots\dots\dots [12]$$

Keterangan:

- KP : Kapasitas produksi
- V : Kapasitas bak
- Fk : Faktor pengembangan bahan
- Fa : Faktor efisiensi alat
- Ts : Waktu siklus

5. *Motor Grader*

Waktu produksi *motor grader* diperhitungkan sebagai berikut (Rochmanhadi, 107:1984 Alat-alat berat dan penggunaanya) :

$$KP = \frac{Lh \times B \times t \times Fa \times 60}{n \times Ts} \dots\dots\dots [13]$$

Keterangan :

- KP : Kapasitas Produksi
- Lh : Panjang hamparan
- B : Lebar Efektif kerja *Blade*
- Fa : Faktor Efisiensi Alat

- n : Jumlah *passing*
- t : Tebal hampanan padat
- Ts : Waktu siklus

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:

$$\text{Biaya upah lembur total} = \text{jumlah pekerja} \times \text{total tambahan waktu lembur} \times \text{biaya lembur /hari} \dots\dots [14]$$

$$\text{Crash cost} = \text{biaya langsung normal} + \text{biaya upah lembur total} \dots\dots\dots [15]$$

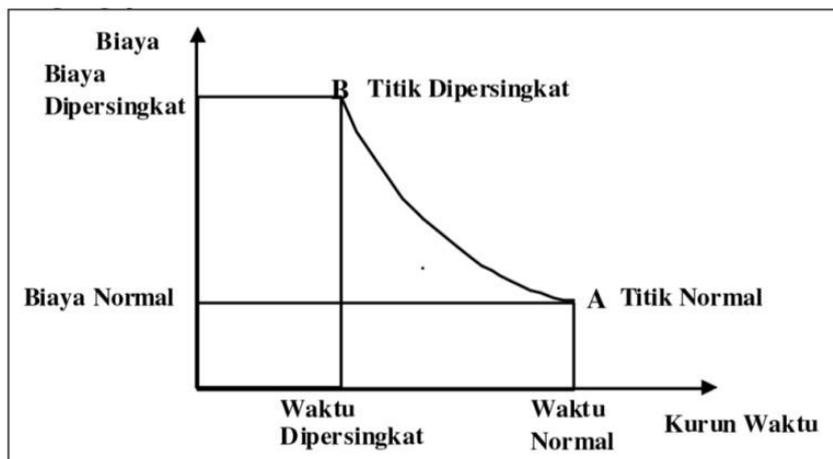
Rumus *crash cost* penambahan kapasitas alat adalah sebagai berikut:

$$\text{Biaya lembur total} = \text{Biaya alat/jam} \times \text{Produktivitas alat/jam} \times 7\text{jam} \times \text{crash duration} \dots\dots\dots [16]$$

$$\text{Crash cost} = \text{biaya langsung normal} + \text{biaya upah lembur total} \dots\dots\dots [17]$$

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 5 berikut.

$$\text{Cost slope} = \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}} \dots\dots\dots [18]$$



Gambar 1. Grafik Hubungan Waktu-Biaya Normal dan Dipersingkat untuk Satu Kegiatan
(Sumber: Soeharto, 1995)

Analisis Time Cost Trade Off (TCTO)

Menurut Ervianto (2004) pengertian 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.

METODE

Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan adalah:

- a. Data primer berupa wawancara dengan pihak kontraktor.
- b. Data sekunder berupa kurva S, RAB, daftar satuan upah, dan jumlah pekerja.

Metode Analisis

Dalam proses mempercepat penyelesaian proyek dengan melakukan penekanan waktu aktivitas, diusahakan agar biaya yang ditimbulkan seminimal mungkin. Disamping itu harus diperhatikan pula bahwa penekanannya hanya dilakukan pada aktivitas-aktivitas yang ada pada lintasan kritis. Langkah-langkah analisisnya sebagai berikut:

- Menyusun jaringan kerja proyek, mencari lintasan kritis dan menghitung *cost slope* tiap aktivitas.
- Melakukan kompresi pada aktivitas yang berada pada lintasan kritis dan mempunyai *cost slope* terendah.
- Menyusun kembali jaringan kerja.
- Mengulangi langkah kedua, dimana langkah kedua akan berhenti bila terjadi penambahan lintasan kritis dan bila terdapat lebih dari satu lintasan kritis, maka langkah kedua dilakukan secara serentak pada semua lintasan kritis dan perhitungan *cost slope* dijumlahkan.
- Langkah dihentikan bila terdapat salah satu lintasan kritis dimana aktivitas-aktivitasnya telah jenuh seluruhnya (tidak mungkin dikompres lagi) sehingga pengendalian biaya telah optimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Crash duration merupakan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan setelah dilakukan penambahan jam kerja (lembur) dan kapasitas alat. Sebelum menghitung crash duration perlu dicari produktivitas harian, produktivitas tiap jam, dan produktivitas harian sesudah crash (percepatan). Crash cost dikeluarkan setelah dilakukan percepatan yang merupakan total biaya langsung untuk menyelesaikan pekerjaan dengan kurun waktu tersingkat. Cost slope merupakan pertambahan biaya langsung untuk mempercepat suatu aktivitas per satuan waktu. Pertambahan biaya tersebut berbanding lurus dengan nilai crash cost.

Tabel 1. Rekapitulasi hitungan *Crash Duration*, *Crash Cost* dan *Cost Slope*

No	Kegiatan yang dipercepat	Normal Duration (hari)	Proyek			Total cost (Rp)
			Crash Duration (hari)	Normal Cost (Rp)	Biaya tidak langsung (Rp)	
1	Lean Concrete (H7)	112	85	1.634.321.936	1.673.571.687	1.453.694,50
2	Galian Biasa Untuk Dibuang (Waste) (C2)	112	85	247.758.801	588.004.054	12.601.676
3	Galian Biasa Untuk Timbunan (C1)	112	85	5.509.346.136	5.856.557.227	12.859.670
4	Aspal Keras (H5)	56	43	4.039.843.500	4.047.345.423	577.071
5	Persiapan Tanah dasar (F)	112	85	412.246.430	538.018.350	4.658.219
6	Perkerasan Beton (H6)	112	85	9.376.495.783	10.163.764.089	29.158.085
7	Bitumen Lapis Resep Pengikat (Prime Coat) (H1)	56	43	527.073.389	559.493.610	2.493.863
8	Bitumen Lapis Pengikat (Tack Coat)(H2)	56	43	124.618.794	157.039.015	2.493.863
9	Pembongkaran Perkerasan Aspal atau Beton Semen (B2)	56	43	108.283.200	153.570.583	3.483.644
10	DV-10 (Pasangan Batu dengan Mortar)(E11)	56	43	96.239.548	110.066.374	1.063.602
11	DS-4A (Pasangan Batu dengan Mortar) (E12)	56	43	1.154.615.840	1.168.481.666	1.066.602
12	DS-4B (Pasangan Batu dengan Mortar) (E13)	56	43	669.378.000	683.146.326	1.059.102
13	Saluran U, Tipe DS-8 (E4)	56	43	17.149.884	32.692.671	1.195.599,00
14	Inlet Drain, Tipe DI-1 (E7)	56	43	18.009.706	33.454.993	1.188.099
15	Inlet Drain Tipe DI-3 (E8)	56	43	8.297.846	23.743.133	1.188.099
16	Outlet Drain, Tipe DO-1 (E9)	56	43	63.033.971	78.479.258	1.188.099

17	Outlet Drain, Tipe DO-1 (E10)	56	43	8.297.846	23.743.133	1.188.099
18	Asphalt Concrete Binder Course (H3)	56	43	1.469.201.409	1.832.871.366	27.974.612
19	AC Wearing Course (H4)	56	43	347.429.156	711.099.113	27.974.612
20	Pembongkaran Pasangan Batu bata	56	43	131.294.456	168.673.102	2.875.280
21	Galian Struktur(D1)	56	43	246.628.624	284.673.711	2.926.545
22	Lapis Pondasi Agregat B (G2)	112	85	2.152.949.436	2.387.326.257	8.680.623
23	Pembersihan Tempat Kerja (A)	42	32	321.231.708	373.793.860	5.256.215
24	Galian Struktur(D2)	56	43	334.420.944	380.674.088	3.557.934
25	Galian Struktur(D3)	56	43	334.420.944	403.202.100	3.557.934
26	Lapis Pondasi Agregat A(G1)	112	85	1.877.385.180	2.099.570.894	8.229.100
27	Catchbasin, Tipe DC-1(E5)	56	43	162.903.136	205.087.624	3.244.960
28	Catchbasin, Tipe DC-5(E6)	56	43	15.530.095	57.714.583	3.244.960

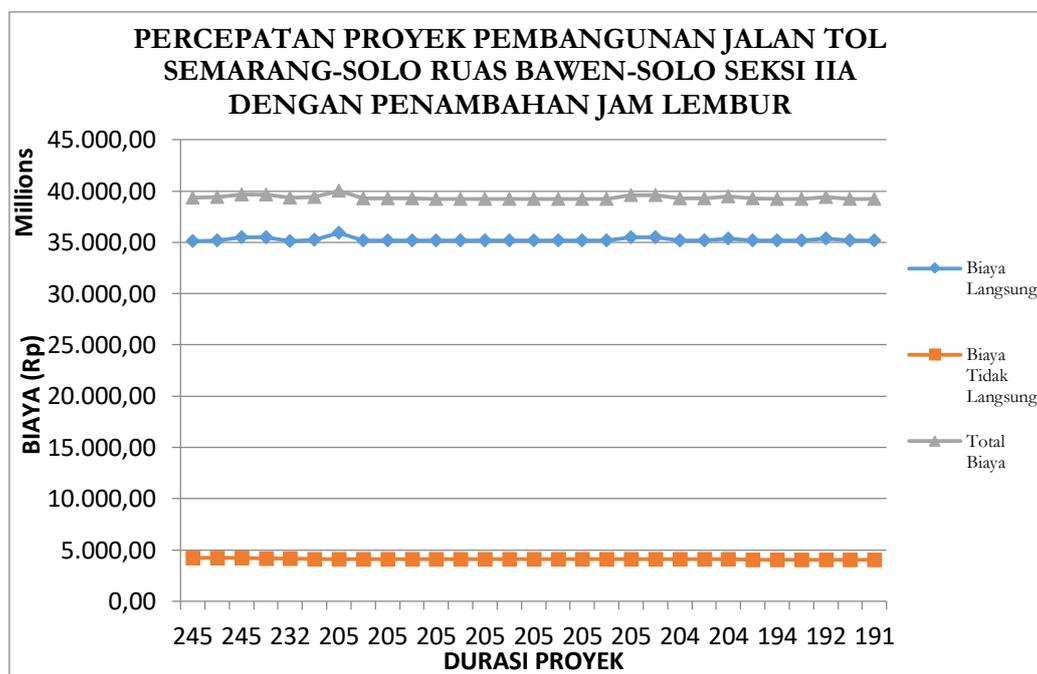
Analisis TCTO dilakukan dengan cara melakukan kompresi (penekanan) pada aktivitas yang berada pada lintasan kritis yang dapat dilihat pada *network diagram* PDM yang dibuat dalam kondisi normal. Penekanan (kompresi) durasi proyek dimulai dari aktivitas yang mempunyai *cost slope* terendah. Dalam penelitian ini penekanan kondisi jenuh alternatif penambahan jam kerja lembur dicapai pada tahap kompresi ke-28. Sedangkan penekanan kondisi jenuh alternatif penambahan jumlah alat dicapai tahap kompresi ke-7. Hasil analisis TCTO didapatkan durasi total proyek, biaya langsung, biaya tidak langsung, dan *total cost* proyek. Hasil rekapitulasinya dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan Biaya Langsung, Biaya Tidak Langsung, dan *Total Cost* alternatif penambahan jam kerja lembur

No	Tahap kompresi	Kegiatan yang dipercepat	Proyek			
			Durasi Total (hari)	Biaya langsung (Rp)	Biaya tidak langsung (Rp)	Total cost (Rp)
1	Tahap normal		245	35.133.122.468	4.215.974.696	39.349.097.164
2	Tahap 1	<i>Lean Concrete</i>	245	35.172.372.219	4.215.974.696	39.388.346.916
3	Tahap 2	Galian Biasa Untuk Dibuang (<i>Waste</i>)	245	35.473.367.721	4.215.974.696	39.689.342.417
4	Tahap 3	Galian Biasa Untuk Timbunan	232	35.480.333.559	4.178.690.566	39.659.024.125
5	Tahap 4	Aspal Keras	232	35.140.624.391	4.178.690.566	39.319.314.957
6	Tahap 5	Persiapan Tanah dasar	218	35.258.894.389	4.138.538.426	39.397.432.815
7	Tahap 6	Perkerasan Beton	205	35.920.390.774	4.101.254.296	40.021.645.070
8	Tahap 7	Bitumen Lapis Resep Pengikat (<i>Prime Coat</i>)	205	35.165.542.689	4.101.254.296	39.266.796.986
9	Tahap 8	Bitumen Lapis Pengikat (<i>Tack Coat</i>)	205	35.165.542.689	4.101.254.296	39.266.796.986
10	Tahap 9	Pembongkaran Perkerasan Aspal atau Beton Semen	205	35.178.409.851	4.101.254.296	39.279.664.147
11	Tahap 10	DV-10 (Pasangan Batu dengan Mortar)	205	35.146.949.294	4.101.254.296	39.248.203.590
12	Tahap 11	DS-4A (Pasangan Batu dengan Mortar)	205	35.146.988.294	4.101.254.296	39.248.242.590
13	Tahap 12	DS-4B (Pasangan Batu dengan Mortar)	205	35.146.890.794	4.101.254.296	39.248.145.090
14	Tahap 13	Saluran U, Tipe DS-8	205	35.148.665.255	4.101.254.296	39.249.919.551
15	Tahap 14	<i>Inlet Drain</i> , Tipe DI-1	205	35.148.567.755	4.101.254.296	39.249.822.051
16	Tahap 15	<i>Inlet Drain</i> Tipe DI-3	205	35.148.567.755	4.101.254.296	39.249.822.051
17	Tahap 16	<i>Outlet Drain</i> , Tipe DO-1	205	35.148.567.755	4.101.254.296	39.249.822.051
18	Tahap 17	<i>Outlet Drain</i> , Tipe DO-1	205	35.148.567.755	4.101.254.296	39.249.822.051
19	Tahap 18	<i>Asphalt Concrete Binder</i>	205	35.496.792.426	4.101.254.296	39.598.046.722

		Course				
20	Tahap 19	Asphalt Concrete Wearing Course	205	35.496.792.426	4.101.254.296	39.598.046.722
21	Tahap 20	Pembongkaran Pasangan Batu bata	204	35.170.501.114	4.098.386.286	39.268.887.401
22	Tahap 21	Galian Struktur	204	35.171.167.555	4.098.386.286	39.269.553.842
23	Tahap 22	Lapis Pondasi Agregat B	204	35.367.499.290	4.098.386.286	39.465.885.576
24	Tahap 23	Pembersihan Tempat Kerja	194	35.185.684.620	4.069.706.186	39.255.390.806
25	Tahap 24	Galian Struktur	194	35.179.375.612	4.069.706.186	39.249.081.799
26	Tahap 25	Galian Struktur	194	35.179.375.612	4.069.706.186	39.249.081.799
27	Tahap 26	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	192	35.355.308.182	4.063.970.166	39.419.278.349
28	Tahap 27	Catchbasin, Tipe DC-1	192	35.175.306.957	4.063.970.166	39.239.277.123
29	Tahap 28	Catchbasin, Tipe DC-5	191	35.175.306.956	4.061.102.156	39.236.409.113

Setelah biaya langsung, biaya tidak langsung, dan *total cost* diketahui maka selanjutnya dibuat grafik hubungan antar ketiga biaya tersebut. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



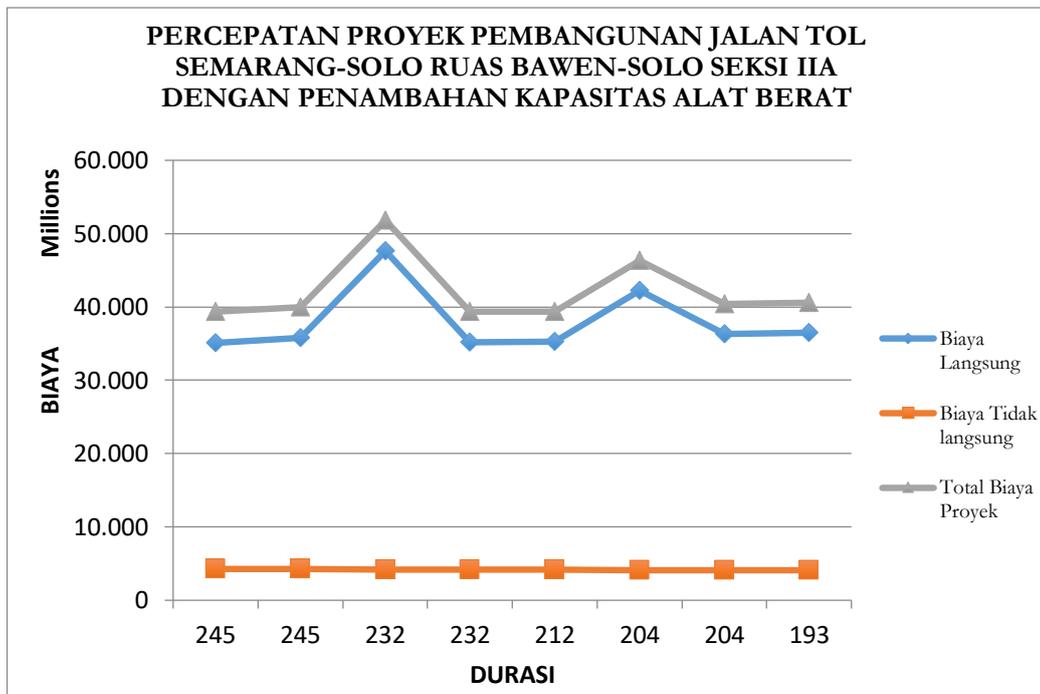
Gambar 2. Grafik Hubungan Biaya Langsung, Biaya Tidak Langsung, dan *Total Cost* terhadap Waktu dengan Penambahan Jam Kerja Lembur Setelah Dilakukan Kompresi

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Biaya Langsung, Biaya Tidak Langsung, dan *Total Cost* alternatif penambahan kapasitas alat

No	Tahap kompresi	Kegiatan yang dipercepat	Proyek			
			Durasi Total (hari)	Biaya langsung (Rp)	Biaya tidak langsung (Rp)	<i>Total cost</i> (Rp)
1	Tahap normal		245	35.133.122.468	4.215.974.696	39.349.097.164
2	Tahap 1	Galian Biasa Untuk Dibuang (<i>Waste</i>)	245	35.744.714.667	4.215.974.696	39.960.689.363
3	Tahap 2	Galian Biasa Untuk Timbunan	232	47.606.692.479	4.178.690.566	51.785.383.045
4	Tahap 3	Pembongkaran Perkerasan Aspal atau Beton Semen	232	35.215.052.869	4.178.690.566	39.393.743.435
5	Tahap 4	Pembongkaran Batu	212	35.221.633.344	4.121.330.366	39.342.963.710

6	Tahap 5	Bata Persiapan Tanah dasar	204	42.246.605.623	4.098.386.286	46.344.991.910
7	Tahap 6	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	204	36.309.434.226	4.098.386.286	40.407.820.512
8	Tahap 7	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	193	36.513.956.580	4.066.838.176	40.580.794.756

Setelah biaya langsung, biaya tidak langsung, dan *total cost* diketahui maka selanjutnya dibuat grafik hubungan antar ketiga biaya tersebut. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan Biaya Langsung, Biaya Tidak Langsung, dan Total Cost terhadap Waktu dengan Penambahan Jumlah Alat Setelah Dilakukan Kompresi

Hitungan Biaya dan Waktu Optimum Proyek

- Dari Tabel 2 dengan penambahan jam kerja lembur dapat diketahui bahwa biaya optimum proyek sebesar Rp 39.236.409.113,12 dengan waktu optimumnya 191 hari. Hal ini berarti mengakibatkan pengurangan total cost sebesar Rp 112.688.051,04 dari total cost normal Rp 39.349.097.164,38 dengan penambahan biaya langsung sebesar Rp 42.184.488,82 dan berkurangnya biaya tidak langsung sebesar Rp 154.872.539,86 serta terjadi pengurangan durasi proyek selama 54 hari dari durasi normal 245 hari menjadi 191 hari.
- Dan pada Tabel 3 dengan penambahan kapasitas alat dapat diketahui bahwa biaya optimum proyek sebesar Rp 39.342.963.710,11 dengan waktu optimumnya 212 hari. Hal ini berarti mengakibatkan pengurangan total cost sebesar Rp 6.133.454,27 dari total cost normal Rp 39.349.097.164,38 dengan penambahan biaya langsung sebesar Rp 88.510.876 dan berkurangnya biaya tidak langsung sebesar Rp 94.644.330 serta terjadi pengurangan durasi proyek selama 33 hari dari durasi normal 245 hari menjadi 212 hari.

Hitungan Efisiensi Biaya dan Waktu Proyek Penambahan Jam Kerja Lembur

- Efisiensi biaya proyek

$$= \text{Rp } 39.349.097.164,38 - \text{Rp } 39.236.409.113,12$$

$$= \text{Rp } 112.688.051,04$$
 atau

$$= \frac{Rp\ 39.349.097.164,38 - Rp\ 39.236.409.113,12}{Rp\ 39.349.097.164,38} \times 100\%$$

$$= 0,29\%$$

b. Efisiensi waktu proyek

$$= 245 - 191$$

$$= 54 \text{ hari atau}$$

$$= \frac{245-191}{245} \times 100\%$$

$$= 22,0408\%$$

Penambahan Kapasitas Alat

a. Efisiensi biaya proyek

$$= Rp\ 39.349.097.164,38 - Rp\ 39.342.963.710,11$$

$$= Rp\ 6.133.454,27$$

atau

$$= \frac{Rp\ 39.349.097.164,38 - Rp\ 39.342.963.710,11}{Rp\ 39.349.097.164,38} \times 100\%$$

$$= 0,015\%$$

b. Efisiensi waktu proyek

$$= 245 - 212 = 33 \text{ hari atau}$$

$$= \frac{245-212}{245} \times 100\%$$

$$= 13,4694\%$$

SIMPULAN

1. Setelah dilakukan percepatan menggunakan alternatif penambahan jam kerja lembur, diperoleh biaya optimum sebesar Rp 39.236.409.113,12 dan waktu optimum 191 hari, sedangkan percepatan dengan menggunakan alternatif penambahan jumlah alat berat, diperoleh biaya optimum sebesar Rp 39.342.963.710,11 dan waktu optimum 212 hari.
2. Perencanaan Pembangunan Proyek Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Bawen-Solo Seksi II dengan titik tinjauan pekerjaan Main Road memiliki waktu normal pengerjaan selama 245 hari dengan biaya total Rp 39.349.097.164,38. Setelah dilakukan percepatan dengan metode time cost trade off, waktu dan biaya proyek mengalami penurunan. Alternatif yang pertama yaitu penambahan jam kerja lembur menghasilkan biaya total optimum sebesar Rp 39.236.409.113,12 dengan waktu selesai proyek 191 hari. Dibandingkan dengan kondisi normalnya, alternatif tersebut lebih menghemat waktu selama 54 hari dengan selisih biaya Rp 112.688.051,04. Sedangkan untuk alternatif penambahan jumlah alat berat mempunyai selisih waktu 33 hari dengan menghemat biaya sebesar Rp 6.133.454,27.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Fajar Sri Handayani, S.T, M.T dan Ir. Sunarmasto, M.T yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badri, Sofwan. 1997. *Dasar-Dasar Network Planning*. Rineka Cipta : Jakarta.
- Buluantie, Nurhadinata. 2013. *Optimalisasi Biaya dan Waktu dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Revitalisasi Gedung BPS Kota Gorontalo*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil No. 1 Vol. 1. Universitas Negeri Gorontalo.
- Chusairi, Moch. 2015. *Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan Gedung Tipe B SMPN Baru Sivalankerto*. Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Vol. 2 No. 2. Universitas Negeri Surabaya.

- Dedy Aryawan, Gede. 2011. *Perbandingan Penambahan Waktu Kerja (Jam Lembur) dan Penambahan Tenaga Kerja Terhadap Biaya Pelaksanaan Proyek*. Skripsi. Universitas Udayana.
- Dipohusodo, Istimawan. 1996. *Manajemen Proyek & Konstruksi*. Kanisius : Yogyakarta.
- Ervianto, Wulfram I. 2002. *Manajemen Proyek Konstruksi*. CV. Andi Offset : Yogyakarta.
- Frederika, Ariany. 2010. *Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah Jam Kerja Optimum pada Proyek Konstruksi*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 14 No. 2.
- Febriatmoko, Aditya. 2010. *Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Sederhana dan Sewa (RUSUNAWA) Surabaya*. Skripsi. Universitas Institut Teknologi Sepuluh November.
- Harjanto, Eddy. 2003. *Sains Manajemen : Analisis Kuantitatif Untuk Pengambilan Keputusan*. Grasindo : Jakarta.
- Hamzah, Faizal. 2012. *Analisis Network Planning dengan CPM (Critical Path Method) dalam Rangka Efisiensi Waktu dan Biaya Proyek*. e-Jurnal Matriks Teknik Sipil Vol. 1 No. 4. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Husen, Abrar. 2009. *Manajemen Proyek*. Andi : Yogyakarta.
- Ibrahim, Bachtiar. 2001. *Rencana dan Estimate Real Of Cost*. Bumi Aksara : Jakarta.
- Luthan dan Syafriandi. 2006. *Aplikasi Microsoft Project untuk Penjadwalan Kerja Proyek Teknik Sipil*. CV. Andi Offset : Yogyakarta
- Novi Setiawati, Dwi. 2013. *Analisis Produktivitas Alat Berat pada Proyek Pembangunan Pabrik Krakatau Posco Zone IV di Cilegon*. Jurnal Konstruksia Vol. 4 No. 2. Universitas Sultan Agengtirtayasa
- Nurhadi, Agus. 2015. *Perbandingan Produktivitas Tenaga Kerja Konstruksi pada Jam Kerja Reguler dan Jam Kerja Lembur pada Pembangunan Gedung Bertingkat di Surabaya*. Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Vol. 1 No. 1. Universitas Negeri Surabaya.
- Nurhayati. 2010. *Manajemen Proyek*. Graha Ilmu : Yogyakarta.
- Putri Cahya Ardika, Okyta. 2014. *Analisis Time Cost Trade Off dengan Penambahan Jam Kerja pada Proyek Konstruksi*. e-Jurnal Matriks Teknik Sipil. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Rochmanhadi. 1992. *Kapasitas dan Produksi Alat-Alat Berat*. YBPPU : Jakarta.
- Rostiyanti, Susy Fatena. 2002. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Rineka Cipta : Jakarta.
- Syah, Mahendra Sultan. 2004. *Manajemen Proyek : Kiat Sukses Mengelola Proyek*. Gramedia Pustaka Utama : Jakarta.
- Soeharto, Iman. 1995. *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional*. Erlangga : Jakarta.
- Wilopo, Djoko. 2009. *Metode Konstruksi dan Alat-Alat Berat*. Universitas Indonesia (UI Press) : Jakarta.