

STUDI OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA DENGAN METODE TIME COST TRADE OFF PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG TIPE B SMPN BARU SIWALANKERTO

Moch. Chusairi

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: chessours@ymail.com

Mas Suryanto HS., ST., MT.

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: massuryantohs@gmail.com

Abstrak

Pembangunan Gedung Tipe B SMPN Baru Siwalankerto oleh Pemkot Surabaya merupakan salah satu bentuk upaya untuk meningkatkan kualitas pendidikan Surabaya dengan cara menambah sarana pendidikan. Pihak *owner* ingin agar pembangunan gedung baru ini selesai dengan waktu relatif cepat, sehingga gedung sekolah ini nantinya dapat segera dioperasikan dan dimanfaatkan sebagai fasilitas umum pendidikan. Namun, ada konsekuensi dengan adanya percepatan penyelesaian pembangunan ini yaitu adanya penambahan biaya langsung proyek. Di sisi lain, percepatan waktu proyek juga dapat mengurangi biaya tidak langsung proyek. Tugas akhir ini bertujuan untuk memperoleh durasi dan biaya optimum proyek setelah dilakukan percepatan. Analisa dilakukan dengan cara mempercepat waktu pelaksanaan (*crashing*) melalui penambahan jam lembur, yang selanjutnya akan dianalisis biaya yang terjadi akibat tiap-tiap percepatan yang dilakukan dengan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) untuk mendapatkan durasi dan biaya optimum proyek.

Berdasarkan hasil analisa TCTO, durasi percepatan optimum proyek adalah 291 hari dengan biaya optimum sebesar Rp 5.789.862.276,72. Kondisi tersebut berbeda dari kondisi normal proyek, dimana durasi normal adalah 315 hari dengan biaya normal sebesar Rp 5.803.059.342,48. Saat kondisi percepatan optimum, biaya langsung bertambah dari Rp 5.495.106.342,48 menjadi Rp 5.504.458.076,72, dan biaya tidak langsung berkurang dari Rp 307.953.000,00 menjadi Rp 285.404.200,00.

Kata Kunci: TCTO, Percepatan, Jam Lembur.

Abstract

Type B SMPN Baru Siwalankerto Project Building by Surabaya government is one of the effort to improve the quality of Surabaya's education by adding educational facilities. The owner wants the new building is finished with a time of relatively fast, so that the school building will be immediately operated and utilized as public education facilities. However, the consequences of accelerated the project time is the direct costs of the project will be increased. On the other side, acceleration of the project time can also reduce indirect costs of the project. This final project aims to obtain optimum duration and cost of the project after the acceleration. Analysis done by speeding up execution time (*crashing*) through the addition of overtime working hours, which will further analyzed costs incurred as a result of each acceleration is done with Time Cost Trade Off method (TCTO) to obtain optimum duration and cost of the project.

Based on the result of TCTO analysis, optimum acceleration project duration is 291 days with optimum cost IDR 5.789.862.276,72. The conditions is different from the normal conditions of project, where the normal duration is 315 days with normal cost IDR 5.803.059.342,48. When the acceleration is optimized, direct cost increase from IDR 5.495.106.342,48 to IDR 5.504.458.076,72, and indirect cost decrease from IDR to IDR 307.953.000,00 menjadi IDR 285.404.200,00.

Keywords: TCTO, Acceleration, Overtime Working Hours.

PENDAHULUAN

Proyek Pembangunan Gedung Tipe B SMPN Baru Siwalankerto merupakan bagian dari Visi Pemerintah Kota Surabaya untuk memajukan dunia pendidikan di Jantung Ibukota Jawa Timur dengan cara menambah sarana pendidikan berupa gedung sekolah baru. Pihak Pemkot Surabaya menginginkan agar pembangunan

gedung baru dapat selesai dengan waktu relatif cepat, harapannya gedung sekolah dapat segera dioperasikan sebagai tempat kegiatan belajar-mengajar pada umumnya. Namun, ada konsekuensi jika dilakukan percepatan durasi proyek yaitu adanya pertambahan biaya. Pertambahan biaya ini harus diusahakan seminimum mungkin agar tidak menyebabkan kerugian dan pembengkakan biaya proyek yang terlalu besar.

Metode yang dapat digunakan untuk mempercepat durasi proyek adalah metode *time cost trade off*. Metode ini memungkinkan untuk dilakukannya pertukaran waktu terhadap biaya proyek dengan cara menganalisis penambahan biaya proyek yang akan terjadi akibat dilakukannya pengurangan durasi pelaksanaan, sehingga pada suatu kondisi tertentu proyek akan mencapai kondisi waktu dan biaya optimum. Metode *time cost trade off* diterapkan dengan memanfaatkan usaha/alternatif percepatan proyek yang ada. Menurut Iman Soeharto (1999) menyatakan bahwa percepatan durasi proyek dapat dilakukan dengan memanfaatkan alternatif-alternatif yang ada seperti penambahan jam kerja, penambahan tenaga kerja, penggunaan sistem kerja *shift*, penggunaan metode konstruksi yang lebih efektif, dan penggunaan material yang lebih cepat.

Melalui percepatan proyek baik pihak *owner* ataupun kontraktor sama-sama memperoleh keuntungan. Pihak *owner* diuntungkan karena gedung sekolah dapat lebih cepat dioperasikan. Demikian pula, pihak kontraktor dapat menekan biaya-biaya tak langsung yang mungkin timbul akibat durasi pekerjaan yang terlalu lama, serta sebagai langkah untuk mengantisipasi terjadinya keterlambatan proyek. Mengacu pada hipotesis tersebut di atas, maka menarik kiranya untuk dilakukan penelitian dengan judul “Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode *Time Cost Trade Off* pada Proyek Pembangunan Gedung Tipe B SMPN Baru Siwalankerto”.

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan di atas, maka masalah yang akan diteliti pada penelitian ini yaitu berapakah waktu dan biaya optimum yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek Pembangunan Gedung Tipe B SMPN Baru Siwalankerto dengan menggunakan metode *time cost trade off*?

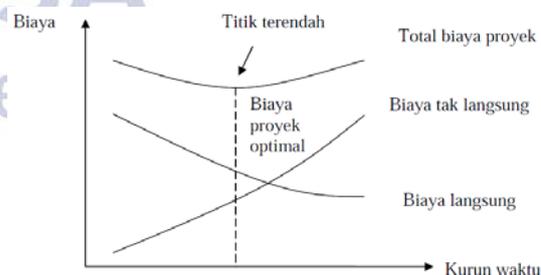
Mengacu pada permasalahan di atas, maka tujuan penelitian ini sebagai berikut: (1) mendapatkan waktu dan biaya optimum proyek setelah dilakukan optimalisasi dengan metode *time cost trade off*; (2) membandingkan waktu-biaya proyek saat kondisi normal terhadap waktu-biaya optimum yang diperoleh dari hasil analisis *time cost trade off*.

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut: (1) bagi peneliti penelitian ini dapat memberikan tambahan wawasan dan pengalaman secara personal di bidang optimasi waktu dan biaya suatu proyek konstruksi dengan memakai metode *time cost trade off*; (2) bagi para akademisi penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan pengetahuan di bidang teknik sipil, khususnya tentang metode *time cost trade off* dalam penerapannya pada optimasi waktu dan biaya proyek; (3) bagi para praktisi diharapkan hasil optimasi ini nantinya dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu pengendalian proyek untuk mengantisipasi keterlambatan proyek.

Batasan masalah untuk penelitian ini sebagai berikut: (1) alternatif percepatan durasi proyek dihitung hanya berdasarkan penambahan jam kerja; (2) harga satuan tidak berubah disamakan dengan harga yang tertera di dalam kontrak; (3) penambahan jam kerja dan pengupahan didasarkan pada Kepmenakertrans Nomor 102/MEN/VI/2004 tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur; (4) pembuatan *network planning* dan perhitungan *crash duration* menggunakan alat bantu *software Microsoft Project*.

Dalam penyusunan sebuah *schedule* proyek konstruksi diharapkan menghasilkan *schedule* yang realistis berdasarkan estimasi yang wajar. Salah satu cara mempercepat durasi proyek adalah dengan analisis *time cost trade off* yaitu dengan mereduksi durasi suatu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek. Menurut Ervianto (2004) menyatakan bahwa *time cost trade off* adalah suatu proses yang disengaja, sistematis dan analitis dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. Selanjutnya melakukan kompresi dimulai pada lintasan kritis yang mempunyai nilai *cost slope* terendah. Kompresi terus dilakukan sampai lintasan kritis mempunyai aktivitas aktivitas yang telah jenuh seluruhnya.

Dengan dipercepatnya durasi suatu proyek maka pasti akan terjadi perubahan biaya dan waktu. Terdapat dua nilai waktu yang akan ditunjukkan tiap aktifitas dalam suatu jaringan kerja saat terjadi percepatan yaitu *normal duration* dan *crash duration*. Proses percepatan juga menyebabkan perubahan pada elemen biaya yaitu adanya *normal cost* dan *crash cost*. Adapun hubungan antara biaya proyek, baik biaya langsung maupun biaya tidak langsung dengan waktu yang diperlukan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik hubungan waktu dan biaya

Pada perusahaan yang ada di Indonesia, ketentuan waktu dan upah kerja lembur telah diatur sebagaimana yang tertuang dalam Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi.

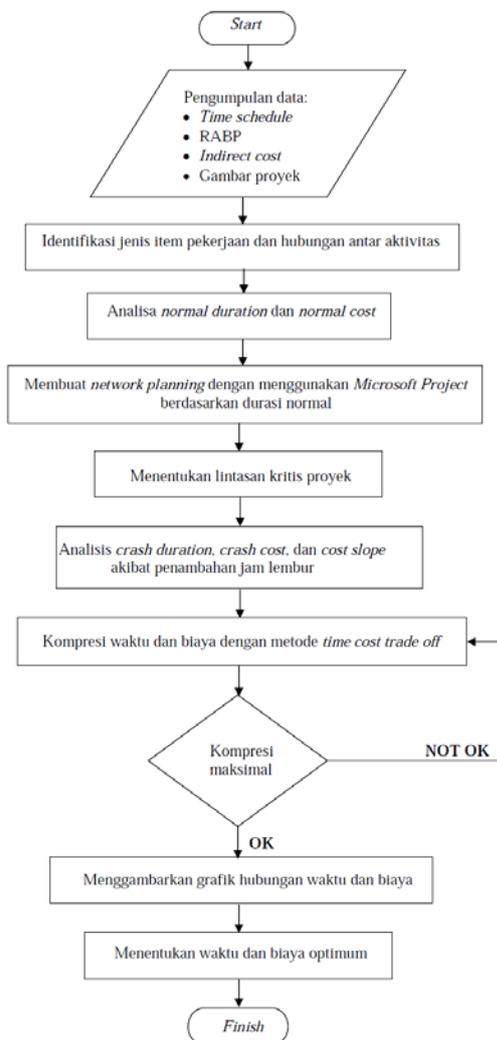
“Batasan maksimal bagi perusahaan dalam menginstruksikan pekerja untuk melakukan kerja lembur adalah waktu kerja lembur hanya dapat dilakukan paling

banyak 3 (tiga) jam dalam 1 (satu) hari dan 14 (empat belas) jam dalam 1 (satu) minggu” (Pasal 3 Kepmenakertrans Nomor 102/MEN/VI/2004).

“Untuk ketentuan upah, apabila kerja lembur dilakukan pada hari kerja maka: (1) untuk jam kerja lembur pertama harus dibayar upah sebesar satu setengah kali upah sejam; (2) untuk setiap jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah sebesar dua kali upah sejam” (Pasal 11 Kepmenakertrans Nomor 102/MEN/VI/2004).

METODE

Penelitian direncanakan dan dilakukan pada proyek Pembangunan Gedung Tipe B SMPN Baru Siwalankerto. Proyek ini terdiri atas bangunan tiga lantai dengan luas total bangunan ± 2.292 m². Materi penelitian ini akan membahas mengenai studi optimasi waktu dan biaya pada Pembangunan Gedung Tipe B SMPN Baru Siwalankerto dengan menggunakan metode *time cost trade off*. Percepatan waktu dan biaya akan dihitung berdasarkan alternatif penambahan jam kerja. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Data penelitian diperoleh dari PT. Rachma Utama selaku Kontraktor Pelaksana. Metode pengumpulan data menggunakan metode dokumentasi dan observasi lapangan. Data sekunder untuk penelitian ini antara lain, Rencana Anggaran Biaya Pelaksanaan, Gambar Kerja, *Time Schedule* Rencana, dan Rincian Biaya *Overhead* dan Operasional Proyek.

Analisis data dilakukan dengan alat bantu *software Microsoft Project* untuk membuat *network planning*, menentukan lintasan kritis, dan menghitung durasi percepatan. Setelah diperoleh durasi percepatan akibat kompresi maka dihitung pengaruhnya terhadap biaya langsung dan biaya tidak langsung proyek. Kompresi waktu dilakukan terhadap aktivitas kritis dimulai dari aktivitas dengan *cost slope* terkecil. Kompresi akan maksimal apabila aktivitasnya telah jenuh seluruhnya atau tidak dapat dikompresi lagi. Waktu dan biaya optimum dapat diidentifikasi dari grafik hubungan waktu-biaya yang dihasilkan dari kompresi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Produktivitas Harian Normal

Produktivitas harian normal dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk menyelesaikan pekerjaan dengan volume tertentu tiap harinya berdasarkan durasi normal tanpa adanya tambahan usaha atau alternatif percepatan. Secara umum produktivitas harian normal dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{Produktivitas harian normal} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Durasi normal}}$$

Contoh perhitungan produktivitas harian normal pada Pekerjaan Pasangan Batu Kali :

- a. Volume pekerjaan = 440,00 m³
- b. Durasi normal = 7 hari
- c. Produktivitas harian = $\frac{440,00 \text{ m}^3}{7 \text{ hari}} = 62,86 \text{ m}^3/\text{hari}$

Perhitungan Produktivitas Harian Percepatan

Produktivitas harian percepatan diperoleh dari jumlah produktivitas harian normal dengan produktivitas pekerjaan saat jam lembur per hari. Penambahan jam kerja lembur sesuai Peraturan yang berlaku dilakukan selama 3 jam per hari, sedangkan produktivitas pekerja jam lembur diasumsikan mengalami penurunan, dan hanya diperhitungkan sebesar 80% dari produktivitas jam kerja regular. Contoh perhitungan produktivitas harian normal pada Pekerjaan Pasangan Batu Kali:

- a. Volume pekerjaan = 440,00 m³
- b. Durasi normal = 7 hari
- c. Prod. harian normal = 62,86 m³/hari

$$\begin{aligned}
 \text{d. Prod. normal/jam} &= \frac{62,86 \text{ m}^3/\text{hari}}{8 \text{ jam}} \\
 &= 7,86 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{e. Prod. jam lembur} &= (3 \times d \times 0,80) \\
 &= (3 \times 7,86 \times 0,80) \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 16,26 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{f. Prod. harian percepatan} &= (c + e) \\
 &= (62,86 + 16,26) \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 81,71 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{n. Cost upah} &= (i \times m) \\
 &= 5 \times \text{Rp } 9.546.428,57 \\
 &= \text{Rp } 51.403.846,15 \\
 \text{o. Cost bahan} &= (a \times e) \\
 &= 440 \times \text{Rp } 354.840,00 \\
 &= \text{Rp } 156.129.500,00 \\
 \text{p. Cost alat} &= (a \times f) \\
 &= 440 \times \text{Rp } 0,00 \\
 &= \text{Rp } 0,00 \\
 \text{q. Crash cost} &= (n + o + p) \\
 &= \text{Rp } 51.403.846,15 + \text{Rp } \\
 &\quad 156.129.500,00 + \text{Rp } \\
 &\quad 0,00 \\
 &= \text{Rp } 207.533.446,15 \\
 &= \frac{(q - c)}{(b - i)} \\
 \text{r. Cost slope} &= \text{Rp } 5.910.723,08
 \end{aligned}$$

Perhitungan Crash duration, Crash Cost, dan Cost Slope

Setelah diketahui besarnya produktivitas harian percepatan akibat jam lembur, maka langkah selanjutnya adalah menghitung durasi percepatan (*crash duration*) dan biaya langsung percepatan (*crash cost*). Perhitungan *crash duration* ini digunakan untuk mendapatkan batasan waktu maksimal suatu aktivitas mampu untuk dilakukan *crashing* (*crashability*), sedangkan perhitungan *crash cost* digunakan untuk mencari slope biaya (*cost slope*) masing-masing aktivitas.

Contoh perhitungan *crash duration*, *crash cost*, dan *cost slope* untuk Pekerjaan Pasangan Batu Kali sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{a. Volume pekerjaan} &= 440,00 \text{ m}^3 \\
 \text{b. Durasi normal} &= 7 \text{ hari} \\
 \text{c. Normal cost} &= \text{Rp } 195.712.000,00 \\
 \text{d. Biaya satuan upah} &= \text{Rp } 90.000,00/\text{m}^3 \\
 \text{e. Biaya satuan bahan} &= \text{Rp } 354.840,00/\text{m}^3 \\
 \text{f. Biaya satuan alat} &= \text{Rp } 0,00/\text{m}^3 \\
 \text{g. Produktivitas per jam} &= 7,86 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{h. Prod. harian percepatan} &= 81,71 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{i. Crash duration} &= \frac{a}{h} \\
 &= \frac{440 \text{ m}^3}{81,71 \text{ m}^3/\text{hari}} \\
 &= 5 \text{ hari} \\
 \text{j. Upah normal/jam} &= (d \times g) \\
 &= \text{Rp } 90.000 \times 7,86 \\
 &= \text{Rp } 707.142,86/\text{jam} \\
 \text{k. Upah normal/hari} &= (8 \times j) \\
 &= 8 \times \text{Rp } 707.142,86 \\
 &= \text{Rp } 5.657.142,86/\text{hari} \\
 \text{l. Upah lembur/ hari} &= (1,5+2+2) \times (j) \\
 &= (1,5+2+2) \times (\text{Rp } \\
 &\quad 707.142,86) \\
 &= \text{Rp } 3.889.285,71/\text{hari} \\
 \text{m. Cost upah/hari} &= (k + l) \\
 &= \text{Rp } 5.657.142,86 + \text{Rp } \\
 &\quad 3.889.285,71 \\
 &= \text{Rp } 9.546.428,57
 \end{aligned}$$

Analisis Time Cost Trade Off

Setelah didapat nilai *cost slope* tiap aktivitas, maka selanjutnya akan dilakukan proses kompresi waktu pada aktivitas-aktivitas yang berada pada lintasan kritis sesuai jaringan kerja (*network planning*) kondisi normal. Kompresi dimulai dari aktivitas kritis dengan nilai *cost slope* terendah tujuannya agar pertambahan biaya langsung yang dihasilkan setelah kompresi dapat diminimalisir. Kompresi waktu pada suatu aktivitas akan berhenti jika telah tercapai kondisi kompresi maksimal, dimana aktivitas telah jenuh (tidak dapat dikompresi lagi) dan mencapai batas *crashability*-nya.

Akibat adanya pengurangan durasi proyek akibat kompresi, umumnya akan mengakibatkan biaya tidak langsung (*indirect cost*) proyek akan berkurang. Untuk mengetahui besarnya biaya tidak langsung yang dapat dihemat, maka perlu dilakukan pula kompresi pada biaya tidak langsung.

Hasil kompresi waktu dan pengaruhnya terhadap biaya langsung, biaya tidak langsung, dan total biaya proyek tersaji pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Tabel 1. Rekapitulasi perhitungan biaya langsung proyek akibat kompresi

No.	Durasi (hari)	Biaya langsung (rupiah)
1	315	Rp 5.495.106.342,48
2	312	Rp 5.495.106.342,48
3	311	Rp 5.495.141.611,54
4	310	Rp 5.495.226.414,42
5	309	Rp 5.495.346.295,19
6	308	Rp 5.495.475.768,27
7	307	Rp 5.495.637.429,81
8	305	Rp 5.496.021.949,04
9	303	Rp 5.496.412.429,81

10	302	Rp 5.496,811.852,89
11	300	Rp 5.497.654.647,50
12	299	Rp 5.498.229.036,01
13	297	Rp 5.499.508.104,91
14	296	Rp 5.500.819.497,40
15	294	Rp 5.502.181.514,22
16	292	Rp 5.503.668.172,87
17	291	Rp 5.504.458.076,72
18	290	Rp 5.505.686.415,95
19	289	Rp 5.506.997.954,41
20	287	Rp 5.509.703.977,36
21	285	Rp 5.512.693.265,41
22	283	Rp 5.515.999.085,62
23	282	Rp 5.517.664.987,38
24	280	Rp 5.521.021.181,89
25	279	Rp 5.522.842.431,89
26	277	Rp 5.526.662.123,12
27	275	Rp 5.530.540.506,42
28	273	Rp 5.534.744.104,97
29	272	Rp 5.536.949.874,20
30	270	Rp 5.542.442.835,73
31	269	Rp 5.548.422.685,48
32	268	Rp 5.551.572.464,33
33	267	Rp 5.554.964.993,19
34	266	Rp 5.560.050.127,62
35	264	Rp 5.570.561.214,27
36	262	Rp 5.581.989.791,44
37	260	Rp 5.593.475.467,86
38	259	Rp 5.605.296.914,01
39	257	Rp 5.618.440.372,69
40	255	Rp 5.631.583.831,36
41	253	Rp 5.648.049.301,94
42	251	Rp 5.666.939.459,60
43	249	Rp 5.689.650.140,17
44	246	Rp 5.732.146.610,13
45	244	Rp 5.763.983.205,35
46	242	Rp 5.799.567.502,59
47	241	Rp 5.818.586.174,06

Tabel 2. Rekapitulasi perhitungan biaya tidak langsung proyek akibat kompresi

No.	Durasi (hari)	Biaya langsung (rupiah)
1	315	Rp 307.953.000,00
2	312	Rp 305.134.400,00
3	311	Rp 304.194.866,67
4	310	Rp 303.255.333,33
5	309	Rp 302.315.800,00
6	308	Rp 301.376.266,67
7	307	Rp 300.436.733,33
8	305	Rp 298.557.666,67
9	303	Rp 296.678.600,00

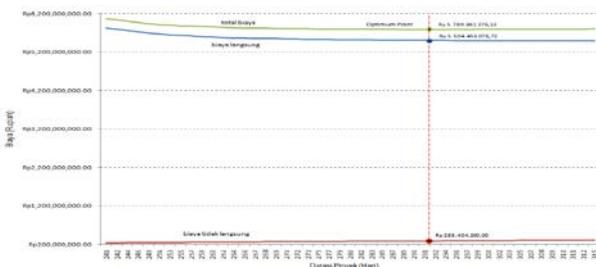
10	302	Rp 295.739.066,67
11	300	Rp 293.860.000,00
12	299	Rp 292.920.466,67
13	297	Rp 291.041.400,00
14	296	Rp 290.101.866,67
15	294	Rp 288,222,800,00
16	292	Rp 286.343.733,33
17	291	Rp 285.404.200,00
18	290	Rp 284.464.666,67
19	289	Rp 283.525.133,33
20	287	Rp 281.646.066,67
21	285	Rp 279.767.000,00
22	283	Rp 277.887.933,33
23	282	Rp 276.948.400,00
24	280	Rp 275.069.333,33
25	279	Rp 274.129.800,00
26	277	Rp 272.250.733,33
27	275	Rp 270.371.666,67
28	273	Rp 268.492.600,00
29	272	Rp 267.553.066,67
30	270	Rp 265.674.000,00
31	269	Rp 264.734.466,67
32	268	Rp 263.794.933,33
33	267	Rp 262.855.400,00
34	266	Rp 261.915.866,67
35	264	Rp 260.036.800,00
36	262	Rp 258.157.733,33
37	260	Rp 256.278.666,67
38	259	Rp 255.339.133,33
39	257	Rp 253.460.066,67
40	255	Rp 251.581.000,00
41	253	Rp 249.701.933,33
42	251	Rp 247.822.866,67
43	249	Rp 245.943.800,00
44	246	Rp 243.125.200,00
45	244	Rp 241.246.133,33
46	242	Rp 239.367.066,67
47	241	Rp 238.427.533,33

Tabel 3. Rekapitulasi perhitungan total biaya proyek akibat kompresi

No.	Durasi (hari)	Total biaya (rupiah)
1	315	Rp 5.803.059.342,48
2	312	Rp 5.800.240.742,48
3	311	Rp 5.799.336.478,21
4	310	Rp 5.798.481.747,76
5	309	Rp 5.797.662.095,19
6	308	Rp 5.796.852.034,94
7	307	Rp 5.796.074.163,14
8	305	Rp 5.794.579.615,71
9	303	Rp 5.793.091.029,81

10	302	Rp 5.792.550.919,55
11	300	Rp 5.791.514.647,50
12	299	Rp 5.791.149.502,68
13	297	Rp 5.790.549.504,91
14	296	Rp 5.790.921.364,07
15	294	Rp 5.790.404.314,22
16	292	Rp 5.790.011.906,20
17	291	Rp 5.789.862.276,72
18	290	Rp 5.790.151.082,61
19	289	Rp 5.790.523.087,74
20	287	Rp 5.791.350.044,03
21	285	Rp 5.792.460.265,41
22	283	Rp 5.793.887.018,95
23	282	Rp 5.794.613.387,38
24	280	Rp 5.796.090.515,22
25	279	Rp 5.796.972.231,89
26	277	Rp 5.798.912.856,45
27	275	Rp 5.800.912.173,08
28	273	Rp 5.803.236.704,97
29	272	Rp 5.804.502.940,86
30	270	Rp 5.808.116.835,73
31	269	Rp 5.813.157.152,15
32	268	Rp 5.815.367.397,66
33	267	Rp 5.817.820.393,19
34	266	Rp 5.821.965.994,28
35	264	Rp 5.830.598.014,27
36	262	Rp 5.840.147.524,77
37	260	Rp 5.849.754.134,53
38	259	Rp 5.860.636.047,35
39	257	Rp 5.871.900.439,35
40	255	Rp 5.883.164.831,36
41	253	Rp 5.897.751.235,27
42	251	Rp 5.914.762.326,27
43	249	Rp 5.935.593.940,17
44	246	Rp 5.975.271.810,13
45	244	Rp 6.005.229.338,68
46	242	Rp 6.038.934.569,26
47	241	Rp 6.057.013.707,39

Setelah didapatkan rekapitulasi waktu-biaya hasil kompresi, selanjutnya akan dibuat grafik hubungan waktu versus biaya seperti tersaji pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan waktu - biaya hasil analisis *time cost trade off*

Melalui analisis TCTO dapat diketahui bahwa durasi pelaksanaan Pembangunan Gedung Tipe B SMPN Baru Siwalankerto dapat dipercepat secara optimum menjadi 291 hari dengan melakukan penambahan jam lembur kumulatif selama 210 jam, biaya langsung proyek bertambah dari Rp 5.495.106.342,48 menjadi Rp 5.504.458.076,72, sedangkan biaya tidak langsung proyek berkurang dari Rp 307.953.000,00 menjadi Rp 285.404.200,00, sehingga total biaya percepatan optimum proyek adalah Rp 5.789.862.276,72. Jika dilakukan komparasi antara kondisi normal dengan kondisi percepatan optimum, maka durasi proyek dapat diperpendek 24 hari dan biaya proyek dapat turun sebesar Rp 13.197.065,76. Turunnya biaya total proyek ini disebabkan adanya pengurangan biaya tidak langsung yang lebih besar dari penambahan biaya langsungnya. Perbandingan antara waktu-biaya normal dan waktu-biaya optimum tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan waktu-biaya normal dan waktu-biaya optimum.

	Normal	Optimum
Durasi	315 hari	291 hari
Tambahan jam kerja	0 jam	210 jam
Direct cost	Rp 5.495.106.342,48	Rp 5.504.458.076,72
Indirect cost	Rp 307.953.000,00	Rp 285.404.200,00
Total cost	Rp 5.803.059.342,48	Rp 5.789.862.276,72

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan: (1) Hasil analisis *time cost trade off* (TCTO) dengan alternatif percepatan penambahan jam kerja, maka diperoleh durasi optimum proyek 291 hari dengan biaya optimum sebesar Rp 5.789.862.276,72. (2) Selisih antara durasi normal (315 hari) dengan durasi optimum proyek (291 hari) adalah 24 hari, sedangkan selisih antara biaya normal (Rp 5.803.059.342,48) dengan biaya optimum proyek (Rp 5.789.862.276,72) adalah sebesar Rp 13.197.065,76. (3) Penurunan biaya tidak langsung (turun Rp 22.548.800,00) yang lebih besar daripada kenaikan biaya langsung (naik Rp 9.351.734,24) menyebabkan biaya optimum proyek lebih kecil daripada biaya normal proyek.

Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah: (1) Hasil durasi dan biaya optimum yang diperoleh dari analisis TCTO ini kiranya dapat dipertimbangkan untuk penerapannya dalam pelaksanaan proyek. Hal ini

dikarenakan hasil optimasi waktu-biaya menunjukkan durasi pelaksanaan yang lebih singkat dan biaya pelaksanaan yang lebih kecil dari pada kondisi durasi dan biaya normal. Sehingga hal ini tentu sangat bermanfaat bagi kontraktor dalam mengendalikan efisiensi waktu dan biaya proyek. (2) Penelitian tentang optimasi waktu dan biaya proyek dengan metode TCTO ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menggunakan alternatif percepatan lain seperti, penambahan tenaga kerja, pemakaian sistem kerja shift, atau penggunaan metode pelaksanaan yang lebih efektif, yang kiranya diharapkan dapat memberi hasil yang lebih optimal terkait waktu dan biaya pelaksanaan proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- Elbeltagi, Emad. 2007. Construction Management. *Jurnal Teknik Sipil*, (Online), (<http://osp.mans.edu.eg/elbeltagi>, diakses 05 Januari 2015).
- Nugraha dkk. 1986. *Manajemen Proyek Konstruksi 2*. Edisi Pertama. Surabaya: Kartika Yudha.
- Nurhayati. 2010. *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nurhadi, Agus. 2015. Perbandingan Produktivitas Tenaga Kerja Konstruksi Pada Jam Kerja Reguler dan Jam Kerja Lembur Pada Pembangunan Gedung Bertingkat Di Surabaya. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: JTS FT Unesa.
- Soeharto, Iman. 1999. *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)*. Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Soeharto, Iman. 1999. *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)*. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Usman, Husen. 2009. *Manajemen Konstruksi*. Yogyakarta: Andi.
- Wulfram, Ervianto. 2004. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Andi.

