

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

# REKATS



# UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 03	NOMER: 03	HALAMAN: 47 - 55	SURABAYA 2017	ISSN: 2252-5009
-------------------------------	---------------	--------------	---------------------	------------------	--------------------

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

## TIM EJOURNAL

### **Ketua Penyunting:**

Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T

### **Penyunting:**

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. Dr.Suparji, M.Pd
5. Hendra Wahyu Cahyaka, ST., MT.
6. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
7. Dr.Erina,S.T,M.T.
8. Drs.Suparno,M.T
9. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
10. Dr.Dadang Supryatno, MT

### **Mitra bestari:**

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. Prof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Prof.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universitas Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

### **Penyunting Pelaksana:**

1. Gde Agus Yudha Prawira A, S.T., M.T.
2. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
3. Arie Wardhono, ST., M.MT., MT. Ph.D
4. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
5. Eko Heru Santoso, A.Md

### **Redaksi:**

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

**Website:** [tekniksipilunesa.org](http://tekniksipilunesa.org)

**Email:** [REKATS](mailto:REKATS)

## DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
• Vol. 03 Nomor 03/rekat/17 (2017)	
ANALISIS NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) TEST PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN STABILISASI KAPUR GAMPING GRESIK	
<i>Novi Dwi Pratama, Nur Andajani, .....</i>	01 – 08
ANALISIS HASIL PERHITUNGAN KONSTRUKSI GEDUNG GRAHA ATMAJA SURABAYA MENGGUNAKAN BEBAN GEMPA SNI 1726-2012 DAN PERHITUNGAN BETON SNI 2847-2013	
<i>Ferry Sandrian, Sutikno, .....</i>	09 – 16
MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG KANTOR BNL PATERN SURABAYA MENGGUNAKAN METODE BALOK PRATEKAN DENGAN BERDASARKAN SNI 2847:2013	
<i>Tono Siswanto, Mochamad Firmansyah S., .....</i>	17 – 26
ANALISA PERBANDINGAN HASIL PERHITUNGAN KONSTRUKSI GEDUNG GRAHA ATMAJA SURABAYA MENGGUNAKAN SNI GEMPA 1726-2002 DAN SNI GEMPA 1726-2012	
<i>Erick Ryananda Yulistiya, Sutikno, .....</i>	27 – 32
ANALISIS PENINGKATAN RUAS JALAN MOJOSARI-PANDANARUM KM 42+435-51+732 KABUPATEN MOJOKERTO JAWA TIMUR	
<i>Andik Setiawan, Purwo Mahardi, .....</i>	33 – 38
PEMANFAATAN LIMBAH KULIT KERANG DARAH DAN <i>SLUDGE</i> INDUSTRI KERTAS SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR DAN PENAMBAHAN <i>CONPLAST</i> WP 421 DAN <i>MONOMER</i> PADA PEMBUATAN BATAKO	
<i>Thobagus Rodhi Firdaus, Mas Suryanto, .....</i>	39 – 46
ANALISIS PEMAMPATAN WAKTU TERHADAP BIAYA PADA PEMBANGUNAN <i>MY TOWER HOTEL &amp; APARTMENT PROJECT</i> DENGAN MENGGUNAKAN METODE <i>TIME COST TRADE OFF</i> (TCTO)	
<i>Aulia Putri Andhita, Hasan Dani, .....</i>	47 – 55

## **ANALISIS PEMAMPATAN WAKTU TERHADAP BIAYA PADA PEMBANGUNAN MY TOWER HOTEL & APARTMENT PROJECT DENGAN MENGGUNAKAN METODE TIME COST TRADE OFF (TCTO)**

**Aulia Putri Andhita**

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [auliaandhita35@gmail.com](mailto:auliaandhita35@gmail.com)

**Drs. Hasan Dani, M.T.**

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

### **Abstrak**

Pembangunan *My Tower Hotel & Apartment* merupakan salah satu bentuk upaya untuk menciptakan hunian yang strategis di kawasan bisnis. Pihak *owner* menghendaki pembangunan ini berjalan relatif lebih cepat agar segera dapat dioperasikan fungsinya guna memenuhi permintaan hunian yang meningkat. Namun, terdapat konsekuensi dari percepatan waktu penyelesaian proyek yaitu meningkatnya biaya langsung proyek. Di sisi lain, dengan adanya percepatan waktu maka dapat menekan biaya tidak langsung proyek. Untuk proyek-proyek besar ketergantungan antara pekerjaan satu dengan yang lain sangat kompleks sehingga pengendalian sangat diperlukan untuk mencegah ataupun mengatasi permasalahan yang nantinya akan muncul.

Penelitian ini bertujuan menentukan biaya dan durasi optimum proyek dari hasil percepatan melalui alternatif penambahan tenaga kerja. Analisis data menggunakan program *Microsoft Project* dan metode *Time Cost Trade Off*. Hasil dari program *Microsoft Project* adalah jalur kritis dan hasil *Time Cost Trade Off* adalah percepatan durasi dan biaya kenaikan pada setiap aktivitas kritis.

Berdasarkan hasil analisis TCTO didapatkan durasi percepatan optimum proyek sebesar 272 hari dan biaya optimum sebesar Rp 40.555.095.100,00. Sedangkan pada kondisi normal mempunyai durasi 280 hari dan biaya proyek sebesar Rp 40.563.372.100,00. Selisih total biaya mengalami penurunan sebesar Rp 8.277.000,00. Saat kondisi percepatan optimum, biaya langsung naik dari Rp 35.491.700.000,00 menjadi Rp 35.743.360.000,00 dan penurunan biaya tidak langsung dari Rp 5.071.672.100,00 menjadi Rp 4.811.735.100,00.

**Kata Kunci:** TCTO, Percepatan Waktu, Penambahan Tenaga Kerja

### **Abstract**

*My Tower Hotel & Apartment Project Building is one of the effort to form the strategic dwellings in the business district. The owner wants in this project to do is relatively faster in order to be able to operate immediately to meet the increasing demand for occupancy. However, there are consequences of acceleration of project completion time which is the increase of project direct cost. The other side, with time acceleration it can reduce the project's indirect cost. For large projects the interdependence of one activity with another is so complex that control is necessary to prevent or overcome the problems that will arise.*

*This research aims to determine the cost and duration of the optimum acceleration project through the addition of manpower. Data analysis is used Microsoft Project program and Time Cost Trade Off method. The result from Microsoft Project program is critical path and result from Time Cost Trade Off is duration velocity and increment cost in each critical activity.*

*Based on TCTO analysis results obtained the optimum acceleration project duration of 272 days and the optimum cost is IDR 40.555.095.100,00. While in normal condition has a duration of 280 days and project cost of IDR 40.563.372.100,00. Difference in total cost IDR 8.277.000,00. When the optimum acceleration conditions, direct costs increased from IDR 35,491,700,000.00 to IDR 35,743,360,000.00 and indirect cost decrease from IDR 5,071,672,100.00 to IDR 4,811,735,100.00.*

**Keywords:** TCTO, Time acceleration, The addition of manpower.

## PENDAHULUAN

Surabaya adalah kota terbesar di wilayah Provinsi Jawa Timur dengan luas wilayahnya 52.087 ha atau 333,063 km<sup>2</sup> dengan luas daratan 33.048 ha atau 63,45% dan selebihnya 19.039 ha atau 36,55% merupakan wilayah laut (Dinas Komunikasi dan Informatika kota Surabaya, 2015). Jumlah penduduk kota Surabaya tahun 2015 sebesar 2.909.257 jiwa ditambah dengan 13.000 WNA yang bekerja di Surabaya (Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil kota Surabaya, 2015). Kota Pahlawan merupakan kota dengan pertumbuhan ekonomi yang tinggi. Karena perkembangan ekonomi yang pesat, maka kota tersebut menjadi lokasi yang menarik bagi para investor yang berasal dari Indonesia bagian timur untuk melakukan investasi properti. Salah satu yang saat ini sedang dibangun adalah *My Tower Hotel & Apartment Project*. Proyek *My Tower Hotel & Apartment* merupakan bagian dari perencanaan pembangunan perkantoran dan pusat bisnis properti di kawasan SIER-Rungkut. Hal ini didukung oleh letak yang strategis dan berada di jantung perekonomian Kota Surabaya. Berdasarkan hal tersebut, pihak *owner* menginginkan pembangunan proyek ini dapat selesai dalam waktu relatif cepat, harapannya agar apartemen dapat segera dioperasikan sebagai hunian yang strategis dan potensial serta dijadikan *landmark* yang bertujuan untuk sosialisasi kawasan di daerah Rungkut. Untuk proyek-proyek besar ketergantungan antara pekerjaan satu dengan yang lain sangat kompleks sehingga pengendalian sangat diperlukan untuk mencegah ataupun mengatasi permasalahan yang nantinya akan muncul. Untuk itu, diperlukan suatu metode pengendalian agar proyek dapat berjalan sesuai dengan rencana (Maromi & Indryani, 2015). Manajemen proyek konstruksi meliputi perencanaan dan pengendalian biaya dan waktu. Suatu proyek dikatakan berhasil, selain dari segi kualitas proyek tersebut, juga dinilai dari segi biaya dan waktu. Biaya dan waktu ini menjadi bagian yang penting di dalam pelaksanaan dan pengendalian suatu proyek. Dalam pengendalian biaya dan waktu digunakan konsep metode *Time Cost Trade Off* (TCTO). Tujuan utama dalam penggunaan metode tersebut untuk mengatasi keterlambatan dalam suatu pembangunan proyek dengan cara *crashing* (pemampatan) agar meminimalkan pembengkakan biaya yang akan ditanggung. Inti dari pengendalian *Time Cost Trade Off* bahwa beberapa elemen seperti teknis, jadwal, dan resiko biaya (anggaran) merupakan bagian dari pekerjaan. Metode ini dapat dilakukan dengan mengubah metode konstruksi, menambah jumlah pekerja, mengadakan *shift* pekerjaan, menggunakan material yang lebih cepat penggunaannya dan dengan menambah jam kerja atau lembur (Andrianto, 2009: 2).

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan di atas, maka permasalahan yang akan diteliti yaitu berapakah waktu dan biaya optimum yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek pembangunan *My Tower Hotel & Apartment* dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off*, sehingga tujuan penelitian ini untuk mendapatkan durasi dan biaya proyek yang optimum untuk dilakukan percepatan.

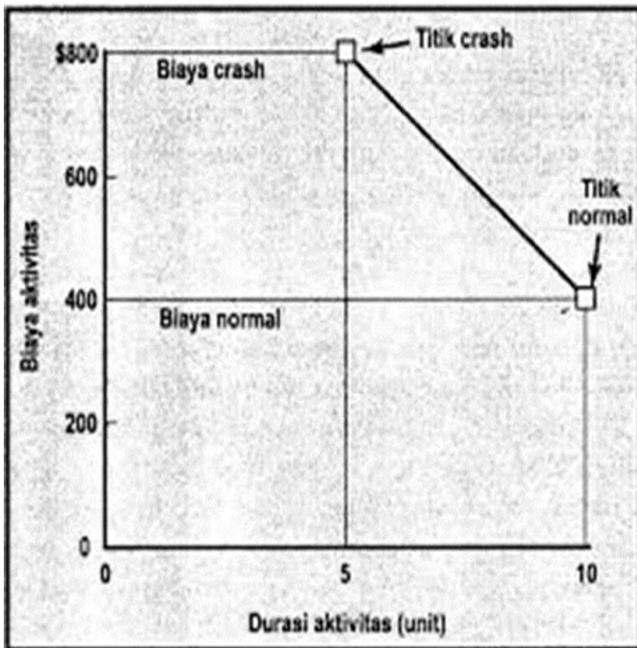
Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut: (1) bagi peneliti, penelitian ini menambah wawasan pengetahuan mengenai pemampatan waktu terhadap biaya serta memberikan kontribusi '*problem solving*' pada permasalahan di bidang konstruksi. (2) bagi akademisi, penelitian ini diharapkan mampu memberikan sumbangan ilmu pengetahuan terutama dalam teknik pengendalian proyek menggunakan metode *Time Cost Trade Off* di dunia teknik sipil. (3) bagi praktisi, penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan bagi pihak penyedia jasa konstruksi dalam hal pengendalian proyek untuk mengantisipasi keterlambatan pelaksanaan.

Batasan masalah untuk penelitian ini sebagai berikut: (1) Perhitungan harga bahan dan upah pekerja menggunakan milik kontraktor dan harga satuan tidak berubah selama proyek. (2) Alternatif percepatan durasi proyek dihitung hanya berdasarkan penambahan tenaga kerja. (3) Pembuatan *network planning* dan perhitungan *crash duration* menggunakan alat bantu *software microsoft project*.

Penjadwalan proyek merupakan pengaturan perincian salah satu elemen hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan waktu penyelesaian proyek (Erviyanto, 2004:2). Sering terjadi suatu proyek harus diselesaikan lebih cepat daripada waktu normalnya. Dalam hal ini pemimpin proyek (*project manager*) dihadapkan pada masalah bagaimana mempercepat penyelesaian proyek dengan biaya yang minimal. Oleh karena itu perlu dipelajari hubungan antara waktu dan biaya serta analisis mengenai pertukaran antara waktu dan biaya. Salah satu cara mempercepat durasi proyek yaitu menggunakan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO).

*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 (Nugraha.dkk, 1986: 84). Apabila waktu penyelesaian suatu aktivitas dipercepat, maka biaya langsung akan bertambah sedangkan biaya tidak langsung akan berkurang. Hubungan waktu dan biaya berkaitan erat

dengan perubahan waktu dan biaya. Dalam hal ini faktor-faktor yang berpengaruh antara lain durasi normal (*normal duration*), durasi percepatan (*crash duration*), biaya normal (*normal duration*) serta biaya percepatan (*crash cost*). Adapun hubungan keterkaitan dari semua faktor tersebut tersaji pada grafik di bawah ini.

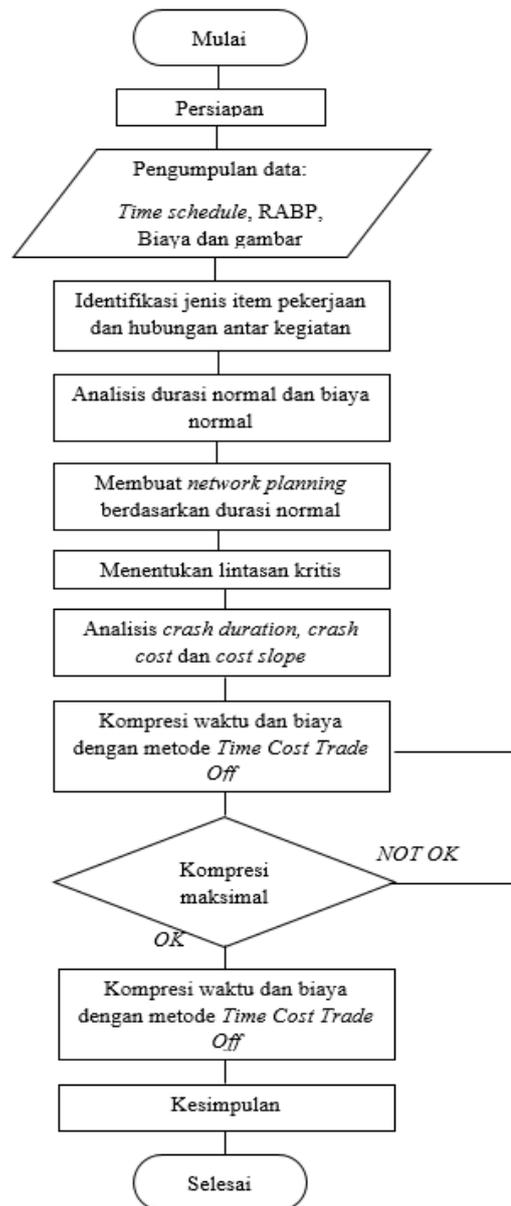


Gambar 1. Grafik hubungan waktu-biaya

Garis yang menghubungkan titik normal dan titik *crash* disebut kurva waktu-biaya untuk mengetahui berapa *slope* atau sudut kemiringannya, maka dapat dihitung berapa besar biaya untuk mempersingkat waktu.

## METODE

Penelitian direncanakan dan dilakukan pada Proyek *My Tower Hotel & Apartment*. Proyek ini terdiri atas 21 lantai dengan luas lahan ± 7.877,85 m<sup>2</sup>. Materi penelitian ini membahas mengenai pemampatan waktu terhadap biaya pada *My Tower Hotel & Apartment Project* dengan menggunakan metode *time cost trade off*. Percepatan waktu terhadap biaya akan dihitung berdasarkan alternatif penambahan tenaga kerja. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. Data penelitian diperoleh dari PT. Surya Bangun Persada Indah (SBPI) sebagai kontraktor pelaksana. Teknik pengumpulan data meliputi data primer dan data sekunder. Data primer didapat dari hasil wawancara dan pembagian angket secara langsung kepada pihak-pihak proyek yang bersangkutan. Sedangkan data sekunder meliputi gambar proyek, *time schedule*, biaya proyek, rencana anggaran biaya pelaksanaan.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Produktivitas Harian Normal dan Kebutuhan Tenaga Kerja

Produktivitas harian normal diartikan sebagai kemampuan yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dengan volume tertentu dalam durasi yang telah ditentukan. 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 dan kebutuhan tenaga kerja normal pada Pekerjaan *Pile Cap*:

a. Beton fc' 25 Mpa

Durasi normal= 70 hari

$$\text{Produktivitas harian} = \frac{1701,82 \text{ m}^3}{70 \text{ hari}} = 24,31 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Prod. normal/jam} = \frac{24,31 \text{ m}^3/\text{hari}}{8 \text{ jam}} = 3,04 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Perhitungan jumlah tenaga kerja:

$$\bullet \text{ Keb. mandor} = \frac{\text{index satuan upah} \times \text{volume}}{\text{durasi normal}}$$

$$= \frac{0,041 \times 1701,82}{70} = 1 \text{ orang}$$

$$\text{Upah mandor} = 1 \times \text{Rp } 87.700,00 \times 70 \text{ hari} \\ = \text{Rp } 6.122.700,00$$

$$\bullet \text{ Keb. tukang} = (0,165 \times 1701,82) / 70 = 4 \text{ orang}$$

$$\text{Upah tukang} = 4 \times \text{Rp } 71.600,00 \times 70 \text{ hari} \\ = \text{Rp } 20.091.300,00$$

$$\bullet \text{ Keb. pekerja} = (0,494 \times 1701,82) / 70 = 12 \text{ orang}$$

$$\text{Upah pekerja} = 12 \times \text{Rp } 53.500,00 \times 70 \text{ hari} \\ = \text{Rp } 44.935.300,00$$

Jadi, total upah normal tenaga kerja pengecoran selama 70 hari pada pekerjaan *pile cap* adalah sebagai berikut:

• Upah normal 1 mandor	= Rp 6.122.700,00
• Upah normal 4 tukang	= Rp 20.091.300,00
• Upah normal 12 pekerja	= Rp 44.935.300,00 +
<b>Total</b>	<b>= Rp 71.149.400,00</b>

b. Besi tulangan fy 400 Mpa

Durasi normal= 70 hari

$$\text{Prod. harian} = (134.551,50 \text{ kg}) / 70 \text{ hari} = 1.922,16 \text{ kg/hr}$$

$$\text{Prod. normal/jam} = (1.922,16 \text{ kg/hr}) / 8 \text{ jam} \\ = 240,27 \text{ kg/jam}$$

Perhitungan jumlah tenaga kerja:

$$\bullet \text{ Keb. mandor} = \frac{\text{index satuan upah} \times \text{volume}}{\text{durasi normal}}$$

$$= (0,001 \times 134.551,50) / 70 = 2 \text{ orang}$$

$$\text{Upah mandor} = 2 \times \text{Rp } 65.700,00 \times 70 \text{ hari} \\ = \text{Rp } 9.193.600,00$$

$$\bullet \text{ Keb. tukang} = (0,008 \times 134.551,50) / 70$$

$$= 15 \text{ orang}$$

$$\text{Upah tukang} = 15 \times \text{Rp } 61.200,00 \times 70 \text{ hari} \\ = \text{Rp } 64.311.800,00$$

$$\bullet \text{ Keb. pekerja} = (0,010 \times 134.551,50) / 70$$

$$= 20 \text{ orang}$$

$$\text{Upah pekerja} = 20 \times \text{Rp } 45.200,00 \times 70 \text{ hari} \\ = \text{Rp } 63.333.200,00$$

Jadi, total upah normal tenaga kerja pembesian selama 70 hari pada pekerjaan *pile cap* adalah sebagai berikut:

• Upah normal 2 mandor	= Rp 9.193.600,00
• Upah normal 15 tukang	= Rp 64.311.800,00
• Upah normal 20 pekerja	= Rp 63.333.200,00 +
<b>Total</b>	<b>= Rp 136.838.700,00</b>

c. Bekesting

Durasi normal= 70 hari

$$\text{Prod. harian} = 1.166,00 / 70 \text{ hari} = 16,66 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$\text{Prod. normal/jam} = (16,66 \text{ m}^2/\text{hari}) / 8 \text{ jam} \\ = 2,08 \text{ m}^2/\text{jam}$$

Perhitungan jumlah tenaga kerja:

$$\bullet \text{ Keb. mandor} = \frac{\text{index satuan upah} \times \text{volume}}{\text{durasi normal}}$$

$$= (0,060 \times 1.166,00) / 70 = 1 \text{ orang}$$

$$\text{Upah mandor} = 1 \times \text{Rp } 20.300,00 \times 70 \text{ hari} \\ = \text{Rp } 1.416.700,00$$

$$\bullet \text{ Keb. tukang} = (0,540 \times 1.166,00) / 70$$

$$= 9 \text{ orang}$$

$$\text{Upah tukang} = 9 \times \text{Rp } 16.400,00 \times 70 \text{ hari} \\ = \text{Rp } 10.329.600,00$$

$$\bullet \text{ Keb. pekerja} = (0,961 \times 1.166,00) / 70$$

$$= 16 \text{ orang}$$

$$\text{Upah pekerja} = 16 \times \text{Rp } 9.700,00 \times 70 \text{ hari} \\ = \text{Rp } 10.815.800,00$$

Jadi, total upah normal tenaga kerja pemasangan bekesting selama 70 hari pada pekerjaan *pile cap* adalah sebagai berikut:

• Upah normal 1 mandor	= Rp 1.416.700,00
• Upah normal 9 tukang	= Rp 10.329.600,00
• Upah normal 16 pekerja	= Rp 10.815.800,00 +
<b>Total</b>	<b>= Rp 22.562.000,00</b>

Berdasarkan perincian biaya kebutuhan tenaga kerja pada pekerjaan *pile cap* di atas, didapatkan total biaya sebagai berikut:

• Beton fc' 25 Mpa	= Rp 71.149.400,00
• Besi tulangan fy 400 Mpa	= Rp 136.838.700,00
• Bekesting	= Rp 22.562.000,00 +
<b>Total</b>	<b>= Rp 230.550.000,00</b>

### Produktivitas Harian Crash dan Kebutuhan Tenaga Kerja

Setelah item pekerjaan dalam durasi normal dibuat *network planning*, maka akan terlihat lintasan kritis pada beberapa item pekerjaan. Dari item yang mengalami lintasan kritis tersebut, kemudian dihitung produktivitas akibat *crash* untuk menentukan pertambahan tenaga kerja. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kinerja tenaga kerja untuk menyelesaikan pekerjaan yang dibebankan kepadanya dalam durasi yang wajar. Secara umum produktivitas harian *crash* dihitung berdasarkan persamaan berikut:

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

Contoh perhitungan produktivitas harian *crash* dan kebutuhan tenaga kerja *crash* pada Pekerjaan *Pile Cap*:

a. Beton fc' 25 Mpa

Durasi *crash*= 62 hari

Prod. *crash*= (1701,82 m<sup>3</sup>)/(62 hari) = 27,45 m<sup>3</sup>/hari

Prod. *crash*/jam= (27,45 m<sup>3</sup>/hari) / (8 jam)  
= 3,43 m<sup>3</sup>/hari

Perhitungan jumlah tenaga kerja:

- Keb. Mandor

$$= \frac{\text{Prod. harian normal} \times \text{keb. tenaga kerja normal}}{\text{durasi crash}}$$

= (27,45 m<sup>3</sup>/hari x 1 orang) / (24,31 m<sup>3</sup>/hari)  
= 1 orang

Upah mandor= 1 x Rp 87.700,00 x 62 hari  
= Rp 5.440.500,00

- Keb. tukang= (27,45 m<sup>3</sup>/hari x 4 orang) / (24,31 m<sup>3</sup>/hari)= 5 orang

Upah tukang= 5 x Rp 71.600,00 x 62 hari  
= Rp 22.180.500,00

- Keb. pekerja= (27,45 m<sup>3</sup>/hari x 12 orang) / (24,31 m<sup>3</sup>/hari)= 14 orang

Upah pekerja= 14 x Rp 53.500,00 x 62 hari  
= Rp 46.394.400,00

Jadi, total upah tenaga kerja pengecoran akibat *crash* menjadi 62 hari pada pekerjaan *pile cap* adalah sebagai berikut:

• Upah <i>crash</i> 1 mandor	= Rp 5.440.500,00
• Upah <i>crash</i> 5 tukang	= Rp 22.180.500,00
• Upah <i>crash</i> 14 pekerja	= Rp 46.394.400,00 +
<b>Total</b>	<b>= Rp 74.015.400,00</b>

b. Besi tulangan fy 400 Mpa

Durasi *crash*= 62 hari

Prod. harian= (134.551,50 kg)/(62 hari)  
= 2.170,19 kg/hari

Prod. *crash*/jam= (2.170,19 kg/hari) / (8 jam)  
= 271,27 kg/jam

Perhitungan jumlah tenaga kerja:

- Keb. Mandor

$$= \frac{\text{Prod. harian normal} \times \text{keb. tenaga kerja normal}}{\text{durasi crash}}$$

= (2.170,19 x 2) / (1922,16)= 2 orang

Upah mandor= 2 x Rp 65.700,00 x 62 hari  
= Rp 8.146.800,00

- Keb. tukang= (2170,19 x 15) / (1922,16)  
= 17 orang

Upah tukang= 17 x Rp 61.200,00 x 62 hari  
= Rp 64.504.800,00

- Keb. pekerja= (2170,19 x 20) / (1922,16)  
= 23 orang

Upah pekerja= 23 x Rp 45.200,00 x 62 hari  
= Rp 64.478.000,00

Jadi, total upah tenaga kerja pembesian akibat *crash* menjadi 62 hari pada pekerjaan *pile cap* adalah sebagai berikut:

• Upah <i>crash</i> 2 mandor	= Rp 8.146.800,00
• Upah <i>crash</i> 17 tukang	= Rp 64.504.800,00
• Upah <i>crash</i> 23 pekerja	= Rp 64.478.000,00 +
<b>Total</b>	<b>= Rp 137.129.600,00</b>

c. Bekesting

Durasi *crash*= 62 hari

Prod. harian= 1.166,00/(62 hari) = 18,81 m<sup>3</sup>/hari

Prod. *crash*/jam= (18,81 m<sup>3</sup>/hari) / (8 jam)  
= 2,35 m<sup>3</sup>/jam

Perhitungan jumlah tenaga kerja:

- Keb. Mandor

$$= \frac{\text{Prod. harian normal} \times \text{keb. tenaga kerja normal}}{\text{durasi crash}}$$

= (18,81 m<sup>3</sup>/hari x 1 orang) / (16,66 m<sup>3</sup>/hari)  
= 1 orang

Upah mandor= 1 x Rp 20.300,00 x 62 hari  
= Rp 1.255.500,00

- Keb. tukang= (18,81 x 9) / (16,66)= 10 orang

Upah tukang= 10 x Rp 16.400,00 x 62 hari  
= Rp 10.169.600,00

- Keb. pekerja= (18,81 x 16) / (16,66)= 19 orang

Upah pekerja= 19 x Rp 9.700,00 x 62 hari  
= Rp 11.370.600,00

Jadi, total upah tenaga kerja pemasangan bekesting akibat *crash* menjadi 62 hari pada pekerjaan *pile cap* adalah sebagai berikut:

• Upah normal 1 mandor	= Rp 1.255.500,00
• Upah normal 10 tukang	= Rp 10.169.600,00
• Upah normal 19 pekerja	= Rp 11.370.600,00 +
<b>Total</b>	<b>= Rp 22.795.600,00</b>

Berdasarkan perincian biaya kebutuhan tenaga kerja pada pekerjaan *pile cap* di atas, didapatkan total biaya sebagai berikut:

• Beton fc' 25 Mpa	= Rp 74.015.400,00
• Besi tulangan fy 400 Mpa	= Rp 137.129.600,00
• Bekesting	= Rp 22.795.600,00 +
<b>Total</b>	<b>= Rp 233.940.700,00</b>

**Perhitungan *Cost Slope*, Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung Akibat *Crash***

Setelah menghitung kebutuhan tenaga kerja pada masing-masing komponen item pekerjaan, maka dihitung *cost slope* yang bertujuan untuk mendapatkan besaran biaya yang dapat ditekan. Perhitungan *cost slope* dapat dicari dengan rumus:

$$\text{Cost Slope} = \frac{(\text{Crash cost} - \text{Normal cost})}{(\text{Normal duration} - \text{Crash duration})}$$

a. Beton fc' 25 Mpa (pengecoran)

$$\text{Cost Slope} = \frac{(\text{Rp } 74.015.400,00 - \text{Rp } 71.150.000,00)}{(70 \text{ hari} - 62 \text{ hari})}$$

$$= \text{Rp } 358.300,00$$

b. Besi tulangan fy 400 Mpa (pembesian)

$$\text{Cost Slope} = \frac{(\text{Rp } 137.129.600,00 - \text{Rp } 136.840.000,00)}{(70 \text{ hari} - 62 \text{ hari})}$$

$$= \text{Rp } 36.400,00$$

c. Bekesting

$$\text{Cost Slope} = \frac{(\text{Rp } 22.795.600,00 - \text{Rp } 22.560.000,00)}{(70 \text{ hari} - 62 \text{ hari})}$$

$$= \text{Rp } 29.200,00$$

Sehingga *cost slope* dari masing-masing komponen dapat direkap sebagai berikut:

a. Beton fc' 25 Mpa	= Rp 358.300,00
b. Besi tulangan fy 400 Mpa	= Rp 36.400,00
c. Bekesting	= Rp 29.200,00 +
<b>Total</b>	<b>= Rp 423.800,00</b>

Akibat durasi yang dipercepat mengakibatkan biaya langsung menjadi bertambah. Hal ini dikarenakan penambahan tenaga kerja yang mengakibatkan biaya alat dan upah meningkat. Berikut perubahan biaya langsung akibat *crash* pada pekerjaan *pile cap*:

a. Beton fc' 25 Mpa (pengecoran)

- Upah
  - Total biaya langsung = Rp 74.015.400,00
  - Volume = 1.701,82 m<sup>3</sup>

Sehingga untuk biaya upah menjadi:  
 =(total biaya) / volume  
 = (Rp 74.015.421,19) / (1.701,82 m<sup>3</sup>)  
 = Rp 43.500,00

- Bahan  
 Biaya pada bahan tidak mengalami perubahan secara signifikan, sehingga diasumsikan biaya bahan tetap.

- Alat
  - Biaya alat pada kondisi normal = Rp 43.300,00
  - Prod. harian normal = 24,31 m<sup>3</sup>/hari
  - Prod. harian *crash* = 27,45 m<sup>3</sup>/hari

Sehingga untuk biaya alat dapat dicari dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{\text{Biaya alat kondisi normal} \times \text{produktivitas harian percepatan}}{\text{produktivitas harian normal}}$$

$$= (\text{Rp } 43.300,00 \times 27,45 \text{ m}^3/\text{hari}) / (24,31 \text{ m}^3/\text{hari})$$

$$= \text{Rp } 48.900,00$$

b. Besi tulangan fy 400 Mpa (pembesian)

- Upah
  - Total biaya langsung = Rp 137.129.600,00
  - Volume = 134.551,50 kg

Sehingga untuk biaya upah menjadi:  
 =(total biaya) / volume  
 = (Rp 137.129.600,00) / (134.551,50 kg)  
 = Rp 1.000,00

- Bahan  
 Biaya pada bahan tidak mengalami perubahan secara signifikan, sehingga diasumsikan biaya bahan tetap.

- Alat
  - Biaya alat pada kondisi normal = Rp 400,00
  - Prod. harian normal = 1.922,16 kg/hari
  - Prod. harian *crash* = 2.170,19 kg/hari

Sehingga untuk biaya alat dapat dicari dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{\text{Biaya alat kondisi normal} \times \text{produktivitas harian percepatan}}{\text{produktivitas harian normal}}$$

$$= (\text{Rp } 400,00 \times 2.170,19 \text{ kg/hr}) / (1.922,16 \text{ kg/hr})$$

$$= \text{Rp } 400,00$$

c. Bekesting

- Upah
  - Total biaya langsung = Rp 22.795.600,00
  - Volume = 1.166,00 m<sup>2</sup>

Sehingga untuk biaya upah menjadi:  
 =(total biaya) / volume  
 = (Rp 22.795.600,00) / (1.166,00 m<sup>2</sup>)  
 = Rp 19.600,00

- Bahan  
 Biaya pada bahan tidak mengalami perubahan secara signifikan, sehingga diasumsikan biaya bahan tetap.

- Alat
  - Biaya alat pada kondisi normal = Rp 1.900,00
  - Prod. harian normal = 16,66 m<sup>2</sup>/hari
  - Prod. harian *crash* = 18,81 m<sup>2</sup>/hari

Sehingga untuk biaya alat dapat dicari dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{\text{Biaya alat kondisi normal} \times \text{produktivitas harian percepatan}}{\text{produktivitas harian normal}}$$

$$= (\text{Rp } 1.900,00 \times 18,81 \text{ m}^2/\text{hr}) / (16,66 \text{ m}^2/\text{hr})$$

$$= \text{Rp } 2.100,00$$

Sama halnya dengan biaya langsung, biaya tidak langsung juga mengalami peningkatan seiring semakin besarnya durasi yang dimampatkan. Biaya tidak langsung dibagi menjadi dua yaitu *fixed cost* dan *variable cost*. Biaya tetap (*fixed cost*) memiliki nilai yang konstan sebesar Rp 456.849.000,00. Untuk menentukan besaran nilai dari *variable cost* hasil dari

pemampatan selama 8 hari (menjadi 272 hari) dapat dihitung sebagai berikut:

- Biaya manajemen  

$$= \frac{\text{biaya tidak langsung normal per hari} \times \text{durasi crash}}{\text{durasi normal}}$$

$$= (\text{Rp } 5.355.400,00 \times 272 \text{ hari}) / 280 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp } 5.202.500,00$$

Sehingga biaya manajemen menjadi,  

$$= \text{Rp } 5.202.500,00 \times 272 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp } 1.415.069.200,00$$

*Variable cost* meliputi biaya manajemen, peralatan kerja, air kerja dan listrik kerja, pembersihan lokasi, perlengkapan kerja dan K3, mob dan demobilisasi. Sehingga dapat direkap sebagai berikut:

- Biaya manajemen = Rp 1.415.069.200,00
  - Peralatan kerja = Rp 2.191.115.400,00
  - Air kerja & listrik kerja = Rp 563.044.100,00
  - Pembersihan lokasi = Rp 40.129.700,00
  - Perlengkapan kerja & K3 = Rp 137.034.600,00
  - Mob & demobilisasi = Rp 8.493.100,00
- +
- Total *variable cost* = Rp 4.354.886.100,00
- Biaya *fixed cost* = Rp 456.849.000,00
- +
- Total biaya tidak langsung = Rp 4.811.735.100,00

**Analisis *Time Cost Trade Off***

Setelah didapat nilai *cost slope* tiap aktivitas yang berada di jalur kritis, maka selanjutnya dilakukan kompresi (*crash*) waktu sesuai *network planning* kondisi normal. Kompresi dimulai pada aktivitas dengan nilai *cost slope* terendah, diharapkan agar pertambahan biaya langsung akibat kompresi dapat ditekan. Kompresi waktu pada aktivitas dikatakan maksimal apabila telah jenuh seluruhnya (tidak dapat dikompresi lagi) dan mencapai batas titik proyek dipersingkat (TPD).

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

Tabel 1. Rekapitulasi perhitungan biaya langsung proyek akibat *crash*

No	Kompresi Ke-	Durasi	Biaya Langsung (Rp.)
1	0	280	35.491.700.000,00
2	1	279	35.531.200.000,00
3	2	278	35.559.670.000,00
4	3	277	35.597.990.000,00

No	Kompresi Ke-	Durasi	Biaya Langsung (Rp.)
5	4	276	35.635.280.000,00
6	5	275	35.660.600.000,00
7	6	274	35.678.890.000,00
8	7	273	35.733.680.000,00
9	8	272	35.743.360.000,00
10	9	271	35.792.580.000,00
11	10	270	35.907.749.000,00
12	11	269	35.956.039.000,00
13	12	268	36.010.640.000,00
14	13	267	36.054.840.000,00
15	14	266	36.139.188.000,00
16	15	265	36.237.800.000,00
17	16	264	36.329.066.000,00
18	17	263	36.493.532.000,00
19	18	262	36.606.209.000,00
20	19	261	36.766.753.000,00
21	20	260	36.955.453.000,00

Tabel 2. Rekapitulasi perhitungan biaya tidak langsung proyek akibat *crash*

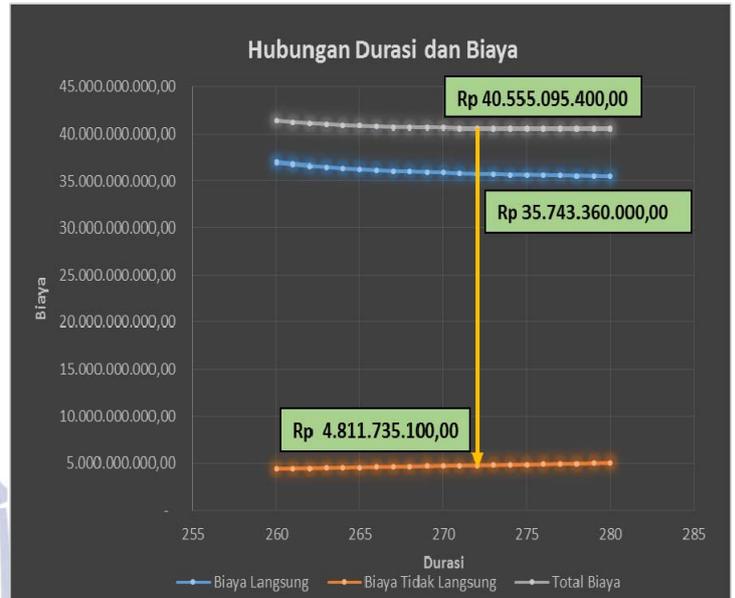
No	Kompresi Ke-	Durasi	Biaya tidak Langsung (Rp.)
1	0	280	5,071,672,100.00
2	1	279	5,031,767,900.00
3	2	278	5,001,981,500.00
4	3	277	4,962,312,800.00
5	4	276	4,923,761,800.00
6	5	275	4,898,328,600.00
7	6	274	4,878,013,000.00
8	7	273	4,821,815,200.00
9	8	272	4,811,735,100.00
10	9	271	4,779,772,800.00
11	10	270	4,747,928,100.00
12	11	269	4,716,201,200.00
13	12	268	4,684,592,000.00
14	13	267	4,653,100,600.00
15	14	266	4,621,726,800.00

No	Kompresi Ke-	Durasi	Biaya tidak Langsung (Rp..)
16	15	265	4,590,470,800.00
17	16	264	4,559,332,600.00
18	17	263	4,528,312,000.00
19	18	262	4,497,409,200.00
20	19	261	4,466,624,100.00
21	20	260	4,435,956,700.00

Tabel 3. Rekapitulasi perhitungan total biaya proyek

No	Kompresi Ke-	Durasi	Total Biaya (Rp..)
5	4	276	40.559.041.800,00
6	5	275	40.558.928.600,00
7	6	274	40.556.903.000,00
8	7	273	40.555.495.200,00
9	8	272	40.555.095.100,00
10	9	271	40.572.352.800,00
11	10	270	40.655.677.100,00
12	11	269	40.672.240.200,00
13	12	268	40.695.232.000,00
14	13	267	40.707.940.600,00
15	14	266	40.760.914.800,00
16	15	265	40.828.270.800,00
17	16	264	40.888.398.600,00
18	17	263	41.021.844.000,00
19	18	262	41.103.618.200,00
20	19	261	41.233.377.100,00
21	20	260	41.391.409.700,00

Setelah didapatkan rekapitulasi total biaya proyek selama *crash*, maka dibuat grafik hubungan waktu dan biaya seperti yang tersaji pada Gambar 3.



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

Melalui analisis TCTO didapatkan *schedule* proyek dimampatkan menjadi 272 hari dengan biaya sebesar Rp 40.555.095.400,00 dari yang semula 280 hari dengan biaya Rp 40.563.372.100,00. Saat kondisi percepatan optimum, biaya langsung dari Rp 35.491.700.000,00 menjadi Rp 35.743.360.000,00 (naik Rp 251.660.000,00) dan penurunan biaya tidak langsung dari Rp 5.071.672.100,00 menjadi Rp 4.811.735.100,00 (turun Rp 259.937.000,00). Jika dianalisis antara kondisi normal dengan kondisi optimum, maka durasi proyek dapat dipercepat selama 8 hari dan biaya proyek turun sebesar Rp 8.277.000,00. Berdasarkan durasi optimum pula, didapatkan total penambahan tenaga kerja sebanyak 23 orang terdiri dari mando, tukang dan pekerja. Perbandingan antara waktu-biaya normal dan waktu-biaya optimum tersaji dalam tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan waktu-biaya normal dan optimum

	Normal	Optimum
<b>Hari</b>	280	272
<b>Biaya (Rp)</b>	40.563.372.100,00	40.555.095.100,00
<b>Tenaga Kerja</b>		
<b>Mandor (orang)</b>	1	1
<b>Tukang (orang)</b>	6	8
<b>Pekerja (orang)</b>	10	14

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil pembahasan di atas dapat disimpulkan: (1) Hasil analisis menggunakan metode

*Time Cost Trade Off* (TCTO) didapatkan durasi optimum 272 hari dan biaya sebesar Rp 40.555.095.100,00. (2) Selisih durasi optimum (272 hari) dan durasi normal (280 hari) adalah 8 hari, sedangkan selisih biaya normal Rp 40.563.372.100,00 dengan biaya optimum Rp 40.555.095.100,00 adalah Rp 8.277.000,00 (3) Biaya tidak langsung (turun Rp 259.937.000,00) yang lebih besar dibandingkan biaya langsung (naik Rp 251.660.000,00) menyebabkan biaya optimum lebih rendah dibandingkan biaya normal proyek.

### Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah: (1) Hasil durasi dan biaya optimum dari analisis TCTO bisa menjadi alternatif untuk diterapkan dalam pelaksanaan proyek. Hal ini dikarenakan hasil pemampatan durasi dan biaya menunjukkan durasi pelaksanaan yang lebih singkat dan biaya pelaksanaan yang lebih rendah dibandingkan durasi dan biaya normal. Sehingga hal ini dapat bermanfaat dalam mengefisieni waktu dan biaya dalam pelaksanaan proyek. (2) Metode TCTO lebih mendekati kesempurnaan analisis, jika diterapkan pada pekerjaan proyek yang multi item dan saling berkesinambungan atau secara paralel (struktur, arsitektur dan ME). (3) Penelitian mengenai pemampatan waktu terhadap biaya dengan metode TCTO dapat dikembangkan lebih lanjut menggunakan alternatif percepatan lain seperti penggunaan metode pelaksanaan yang lebih efektif, pemakaian sistem kerja shift, penambahan peralatan. Alternatif percepatan tersebut dapat dilaksanakan secara terpisah atau kombinasi sehingga didapatkan durasi-biaya yang lebih efektif dan efisien dalam menunjang percepatan bila diterapkan dalam multi item pekerjaan bukan dalam item tipikal/satu jenis pekerjaan. (4) Metode TCTO ini juga dapat bermanfaat untuk menghitung percepatan waktu pekerjaan jika proyek dilaksanakan secara crash program dengan jadwal pelaksanaan awal yang direncanakan normal sesuai jangka waktu dalam kontrak.

### DAFTAR PUSTAKA

- Apri Widiya Laksana, Heri Setiawan Prasetyo. 2014. "Optimalisasi Waktu dan Biaya Proyek dengan Analisa Crash Program". *Jurnal Karya Teknik Sipil*. Vol. 3(3): hal.747-759.
- Chusairi. 2015. "Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan Gedung tipe B SMPN Baru Siwalankerto". *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*. Vol. 2 (2): hal. 09-15.

Husen, Abrar. 2011. *Manajemen Proyek Perencanaan, Penjadwalan, dan Pengendalian Proyek Edisi Revisi*. Yogyakarta: Andi.

Mandiyo Priyo, Muhamad Raa'uf Aulia. 2015. "Aplikasi Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia". *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*. Vol. 18 (1): hal. 30-43.

Nugraha, Paulus. 1986. *Manajemen Proyek Konstruksi 2*. Surabaya: Kartika Yudha.

Nurhayati. 2010. *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Soeharto, Iman. 2001. *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga.