

# TIME-COST TRADE-OFF MODEL FOR TIE BEAM ACTIVITY

Fachrurrazi<sup>1</sup>, Mahmuddin<sup>1</sup>, Cut Yuniati Anas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala  
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,

\*email : Fachrurrazi@unsyiah.ac.id; Mahmuddin@unsyiah.ac.id; Cut.yuniatianas@gmail.com

**Abstract:** *Crashing project duration is conducted when the project experience schedule delay. The consequence of this crashing is needed the additional cost to anticipate the delay. Choosing the right activity for the reduction will provide additional cost efficiency. The purpose of this research is to develop time-cost trade-off (TCTO) model for tie beam activity. The model was developed based on the respondent's perception through the questionnaire, and collecting the Budget Plan Report. Respondents in this study are director, estimator, and project manager at contractor who is domiciled in West Aceh District. The results showed that the tie beam can be broken down into sub activities such formwork, rebar and concrete that have different characteristics in tie beam activities based on TCTO model. Based on these conditions, the sub activities activities can be accelerated from the normal duration of the project are 60%, 50% and 60% respectively and the required additional cost is 2.88% per day, 2.93% per day, and 3.88% per day.*

**Keywords :** *Project Crashing, Crash Duration, Additional cost, Model TCTO, Tie beam, West of Aceh, Formwork, Rebar work, Concrete work*

**Abstrak:** Percepatan schedule sering dilakukan ketika kemajuan proyek dinilai mengalami keterlambatan terhadap rencana awal. Konsekuensi dari percepatan *schedule* tersebut dapat memberikan peningkatan biaya proyek. Pemilihan aktifitas yang tepat akan memberikan efisiensi biaya tambahan. Penelitian mengkaji hanya pada aktifitas sloof sebagai aktifitas yang dipilih untuk di percepat sebagai obyek tinjauan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan model *Time-cost trade-off (TCTO)* aktifitas pekerjaan sloof dalam sebuah proyek. Model tersebut dikembangkan berdasarkan persepsi responden melalui pengisian kuesioner dan data RAB. Responden dalam penelitian ini yaitu direktur, estimator, dan manajer proyek pada badan usaha kontraktor yang berdomisili di Kabupaten Aceh Barat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pekerjaan sloof dapat dipecah kedalam sub aktifitas seperti sub aktifitas bekisting sloof, pembesian sloof dan beton sloof memiliki karakteristik yang berbeda dalam pekerjaan sloof berdasarkan *TCTO model*. Berdasarkan kondisi ini, sub-aktifitas pekerjaan sloof tersebut dapat dipecepat dari durasi normal proyek secara berturut-turut adalah 60%, 50% dan 60% dan biaya tambahan yang diperlukan adalah 2.88% per hari, 2.93% per hari, dan 3.88% per hari.

**Kata kunci :** Percepatan schedule, *Durasi crash*, Biaya tambahan, Model TCTO, Pekerjaan sloof, Aceh Barat, Pekerjaan bekisting, Pekerjaan pembesian, Pekerjaan pengecoran

## 1. PENDAHULUAN

Teknik *project crashing* merupakan salah satu teknik manajemen proyek untuk mengendalikan keterlambatan proyek. Keterlambatan proyek dapat mungkin disebabkan oleh berbagai faktor internal dan atau eksternal, seperti: pengaruh cuaca yang buruk, jumlah tenaga kerja, material, dan peralatan yang kurang memadai. Kontraktor seharusnya mampu memilih beberapa aktifitas proyek (item pekerjaan) yang seharusnya dipercepat/direduksi agar keterlambatan dapat diatasi. Tentunya hal tersebut menimbulkan konsekuensi biaya tambahan pada pelaksanaan proyek. Tambahan biaya

ini meningkat sejalan dengan semakin besarnya durasi dari aktifitas proyek yang tereduksi, yang umumnya mengikuti pola tertentu, seperti: linier, non linier, diskret.

Berdasarkan latar belakang diatas, diperlukan model hubungan waktu-biaya yang memberikan gambaran mengenai biaya tambahan akibat reduksi durasi dari setiap aktifitas proyek. Banyaknya item aktifitas dari schedule yang dimodelkan, maka penelitian ini membatasi hanya pada satu aktifitas yaitu aktifitas sloof, yang selanjutnya di *breakdown* atas beberapa pekerjaan yaitu pekerjaan bekisting sloof, pembesian sloof, dan pengecoran sloof.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan model *time-cost trade-off (TCTO)* pada item aktifitas sloof pada proyek di Kabupatten Aceh Barat.

### Project Crashing

Imantoro (2012) menyatakan bahwa cara yang dapat dilakukan untuk strategi percepatan durasi adalah:

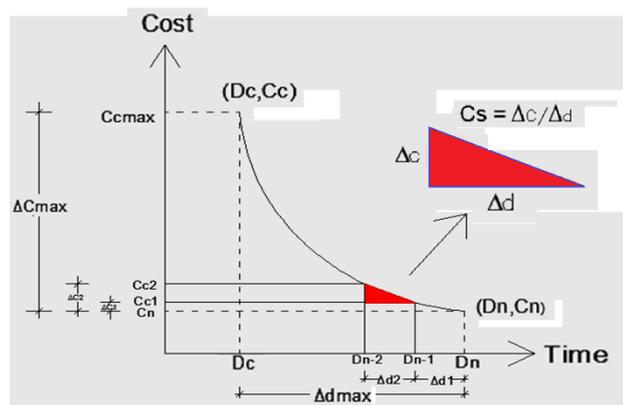
1. Penambahan jam kerja (kerja lembur).
2. Penambahan tenaga kerja
3. Penambahan peralatan
4. Menggunakan sumber daya berkualitas
5. Penggunaan metode konstruksi efektif

Penerapan metode tersebut untuk percepatan proyek dapat dilakukan secara tunggal ataupun kombinasi dari beberapa cara tersebut.

### Time Cost Trade-off (TCTO)

Priyo dan Sumanto (2016) menyatakan *TCTO* merupakan proses untuk mereduksi durasi normal sebuah proyek dengan menambahkan variabel/alternatif tertentu.

Ebeltagi (2009) menyatakan bahwa sebuah model *TCTO* dapat dibangun dari data pola durasi pada aktifitas proyek tertentu. Pola tersebut dapat berupa pola diskret, linier, atau non linier sebagaimana diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi Model Non Linear Time Cost Trade-off

*TCTO* merupakan sebuah model yang berisi parameter *Normal Duration*, *Crash Duration*, *Normal Cost*, *Crash Cost*, dan *Cost Slope* yang digunakan untuk melakukan analisis biaya akibat percepatan pelaksanaan proyek (atau aktifitas proyek), sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1.

### Cost Slope dari TCTO

Yoni et al., (2013) mengemukakan bahwa mempercepat waktu akan memberikan besaran perbedaan biaya akibat percepatan waktu sesuai dengan banyaknya waktu percepatan. Besarnya penambahan biaya per satuan waktu dinyatakan dengan *cost slope (CS)* yang dapat dihitung untuk tiap jenis kegiatan yang akan dipercepat, sebagaimana pada persamaan (1).

$$Cost\ Slope = \frac{C_c - C_n}{D_n - D_c} \quad (1)$$

Dimana,  $C_c$  adalah *Crash Cost* (rupiah);  $C_n$  adalah *Normal Cost* (rupiah);  $D_n$  adalah *Normal Durasi* (hari); dan  $D_c$  adalah *Crash Durasi* (hari)

### Normal Duration dari TCTO

*Normal Duration*, sebagaimana pada gambar 1, adalah kurun waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan sampai selesai dan di luar pertimbangan usaha khusus lainnya. Durasi normal pekerjaan dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

$$Durasi = \frac{V}{P} \quad (2)$$

Dimana,  $V$  adalah Volume aktifitas proyek; dan  $P$  adalah Produksi rata-rata perhari.

### Crash Duration dari TCTO

*Crash Duration* adalah waktu tersingkat untuk menyelesaikan kegiatan yang secara teknis masih mungkin dilaksanakan, sebagaimana diperlihatkan pada gambar 1.

### Normal Cost dari TCTO

*Normal Cost* adalah biaya sebelum dilakukan percepatan aktifitas proyek. Biaya ini didasarkan pada biaya yang di estimasi berdasarkan analisa SNI dan didasarkan pada harga yang wajar. Biaya Normal dihitung berdasarkan *Normal Duration*. Data biaya yang memiliki kuantitas pekerjaan yang berbeda-beda, seharusnya di seragamkan dengan kuantitas

yang sama atau durasi normal yang sama agar dapat di jadikan model yang lebih umum. Penelitian ini menggunakan 10 hari sebagai unit model untuk aktifitas yang akan dimodelkan. Namun demikian biaya normal tersebut dapat dihitung dengan rumus (3).

$$Cn = \frac{\text{Biaya Aktifitas Proyek}}{\text{Durasi Aktifitas Proyek}} \times 10 \quad (3)$$

Dimana,  $Cn$  adalah *Normal Cost* (rupiah);  $Dn$  adalah *Normal Durasi* (hari).

### Crash Cost dari TCTO

*Crash Cost* adalah biaya yang diperoleh setelah aktifitas dipercepat. *Crash Cost* adalah biaya normal ditambahkan dengan biaya tambahan akibat percepatan sebelum dilakukan percepatan aktifitas proyek. Nilai tersebut dapat dihitung dengan menggunakan formula (4).

$$Cc = (1 + \% \overline{\Delta c}) Cn \quad (4)$$

Dimana,  $Cc$  adalah biaya crash (Rp);  $Cn$  adalah biaya normal (Rp);  $\% \overline{\Delta c}$  adalah persentase tambahan biaya akibat percepatan sejumlah  $\Delta d$ , dimana  $\Delta d$  dihitung dengan rumus (5).

$$\Delta d = Dn - Dc \quad (5)$$

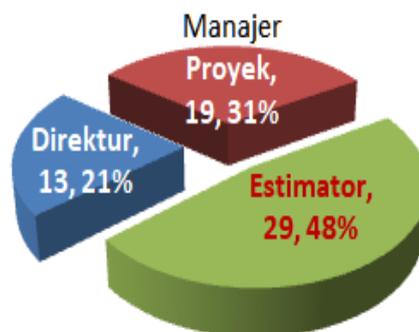
$Dn$  menyatakan durasi normal (hari) dan  $Dc$  menyatakan durasi *crash* (hari).

## 2. METODE PENELITIAN

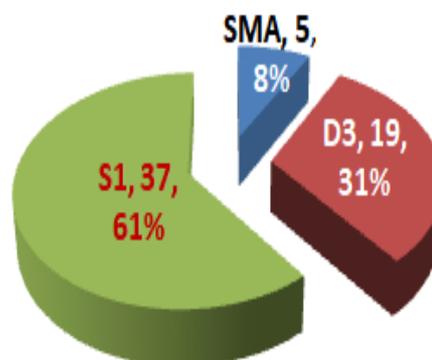
Penelitian yang berkenaan dengan pengembangan model *TCTO* aktifitas sloof pada proyek di Kabupaten Aceh Barat adalah penelitian yang mencoba mencari hubungan dua variabel, yaitu percepatan perhari pada aktifitas proyek (sebagai independent variabel) dan tambahan biaya perhari dari aktifitas proyek tersebut (sebagai dependent variabel).

Subjek penelitian penelitian ini adalah kontraktor bangunan gedung yang berdomisili dan melakukan kegiatannya di Kabupaten Aceh Barat, dengan responden

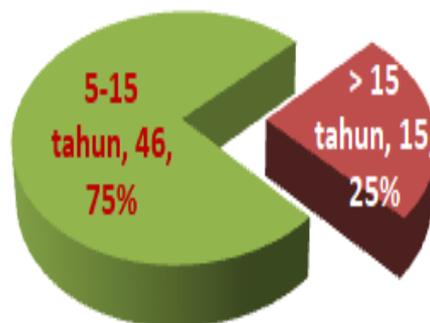
adalah salah satu dari salah satu dari direktur, dan atau estimator, dan atau manajer proyek. Karakteristik responden sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.



Gambar 2. Karakteristik Jumlah Responden berdasarkan Jabatan dalam Perusahaan



Gambar 3. Karakteristik Jumlah Responden berdasarkan Pendidikan



Gambar 4. Karakteristik Jumlah Responden berdasarkan Pengalaman Kerja

### Data Penelitian

Data sekunder penelitian ini adalah:

- Quantitas/volume aktifitas yang bersumber dari

dokumen Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang diperoleh langsung dari tiap responden.

- b. Harga total pekerjaan yang bersumber dari RAB proyek.  
Sedangkan data primer diperoleh dengan cara menyebarkan kuesioner kepada kontraktor yang berdomisili di Kabupaten Aceh Barat, dimana data tersebut bersumber dari kuisisioner sebagai *judgment* dari responden, yaitu:
  - a. Produksi rata-rata perhari aktifitas.
  - b. *Crash Duration*.
  - c. Persentase tambahan biaya akibat reduksi durasi aktifitas perhari, sebagaimana pada Tabel 1.

**Tabel 1. Rekapitulasi %tambahan biaya perhari percepatan aktifitas sloof**

Percepatan per hari	%tambahan biaya perhari percepatan		
	Bekisting	Pembesian	Pengecoran
0 hari	0.0	0.0	0.0
1 hari	3.2	3.6	3.7
2 hari	6.0	6.8	7.1
3 hari	9.1	9.6	9.9
4 hari	12.1	12.4	14.8
5 hari	14.7	15.1	18.9
6 hari	17.4	17.8	23
7 hari	20.2	20.4	27
8 hari	23.1	23.4	31
9 hari	25.2	26.1	34.2

### Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan berdasarkan tahapan dalam mengembangkan model TCTO, yaitu:

1. Menghitung Normal Duration
2. Menghitung Crash Duration
3. Menghitung Normal Cost
4. Menghitung Crash Cost
5. Mengembangkan model TCTO, menggunakan analisis regresi
6. Menghitung Cost Slope (Biaya percepatan perhari)

### 3. HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

#### Normal Duration ( $D_n$ )

*Normal Duration* dari aktifitas proyek dianalisis dengan menyeragamkan data kuantitas, dimana digunakan sebagai acuan untuk menyamakan atau melakukan normalisasi data  $D_n$ . Pengembangan model aktifitas penelitian ini menggunakan unit durasi per 10 hari sebagai unit standard.

untuk dasar reduksi aktifitas.

#### Crash Duration ( $D_c$ )

*Crash Duration ( $D_c$ )* adalah durasi pekerjaan setelah dilakukan percepatan maksimum yang mungkin dilakukan. Nilai  $D_c$  dapat berbeda-beda antara seorang responden dengan yang lainnya. Oleh karena itu, data tersebut kemudian dianalisis untuk memperoleh nilai rata-rata  $D_c$ , sebagaimana pada tabel 2.

**Tabel 2. Rekapitulasi *Crash Duration* ( $D_c$ ) Pekerjaan Sloof**

No.	Pekerjaan	Rata-rata $D_c$	Jumlah maksimum reduksi ( $\Delta d$ )
1.	Bekisting sloof	4 hari	6 $\approx$ 6 hari
2.	Pembesian sloof	4.5 hari	5.5 $\approx$ 5 hari
3.	Pengecoran	3.7 hari	6.3 $\approx$ 6 hari

#### Normal Cost ( $C_n$ )

*Normal Cost* adalah biaya yang dihasilkan pada *Normal Duration* (sebelum percepatan) atau pada 10 hari dari setiap aktifitas proyek, sebagaimana tabel 3.

**Tabel 3. Biaya Normal Pekerjaan Sloof**

No.	Pekerjaan	Normal Duration	Normal Cost (Rp)
1.	Bekisting sloof	10 hari	27,227,058
2.	Pembesian sloof	10 hari	49,622,668
3.	Pengecoran sloof	10 hari	53,928,157

#### Crash Cost ( $C_c$ )

*Crash Cost ( $C_c$ )* adalah total biaya pekerjaan setelah dilakukan percepatan maksimum yang mungkin dilaksanakan, sebagaimana pada tabel 4.

**Tabel 4. Biaya Normal Pekerjaan Sloof**

No.	Pekerjaan	$D_c$	$\Delta d_{max}$	$C_c$ (Rp)
1.	Bekisting	4 hari	6 hari	30,521,532.02
2.	Pembesian	5 hari	5 hari	55,775,878.83
3.	Pengecoran	4 hari	6 hari	59,267,044.54

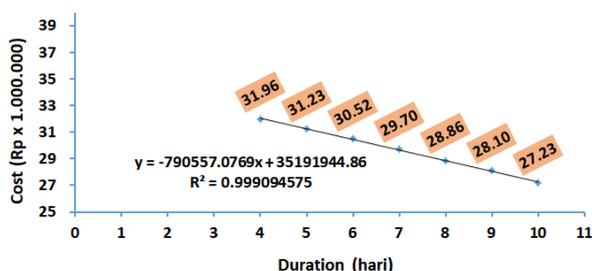
Nilai  $C_c$  untuk percepatan perharinya dapat bervariasi antara satu responden dengan yang lainnya, bergantung pada persentase biaya tambahan perhari ( $\Delta d$ ) hingga mencapai  $\Delta d$  maksimum. Hasil perhitungan tambahan biaya perhari merupakan nilai rata-rata dari semua responden. Resume total biaya setelah percepatan sejumlah  $\Delta d$  dapat dilihat pada Table 5.

Tabel 5. Perhitungan biaya percepatan Pekerjaan Sloof pada  $D_n$  10 hari pekerjaan sloof.

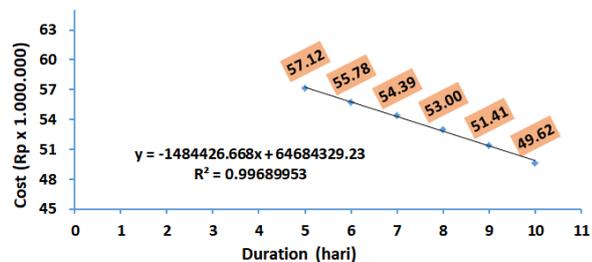
$\Delta d$	$D_c$	Tambahkan biaya perhari percepatan ( $\Delta C$ )		
		Bekisting	Pembesian	Pengecoran
0	10	27,227,058	49,622,668	53,928,157
1	9	28,098,324	51,409,084	55,923,499
2	8	28,860,681	52,997,009	57,757,056
3	7	29,704,720	54,386,444	59,267,045
4	6	30,521,532	55,775,879	61,909,524
5	5	31,229,436	57,115,691	64,120,579
6	4	31,964,566	-	66,331,633

### Model TCTO

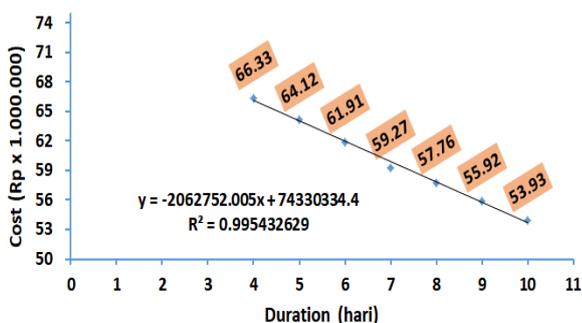
Berdasarkan table 5, maka dapat dibangun model *TCTO* untuk masing-masing pekerjaan/aktivitas sebagaimana pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.



Gambar 5. Model *time-cost trade-off* untuk pekerjaan Bekisting Sloof



Gambar 6. model *time-cost trade-off* untuk pekerjaan Pembesian Sloof



Gambar 7. Model *time-cost trade-off* untuk pekerjaan Pengecoran Sloof

### Cost Slope

*Cost Slope* menunjukkan tambahan biaya akibat percepatan perhari pada sebuah aktifitas proyek, dimana dihitung dengan menggunakan formula (1).

Tabel 6. Hasil perhitungan untuk analisa *Cost Slope* pada aktifitas Sloof

No	Aktifitas	CS (Rp)	% Tambahan perhari
1.	Bekisting sloof	782.777,92	2.88%
2.	Pembesian sloof	1.453.235,28	2.93%
3.	Pengecoran sloof	2.091.642,09	3.88%

### Model TCTO Aktifitas Bekisting Sloof

Aktifitas Bekisting Sloof merupakan aktifitas yang paling minimum dari dua aktifitas lainnya dalam penelitian ini. *Cost Slope* dengan nilai Rp.782.777,92 (2.93% dari biaya normal aktifitas) dapat dihitung dengan menggunakan formula (6) dengan menginput  $D_c$  sebesar 4 hari.

$$C_c = -782777.9175.(D_c) + 35129711.58 \quad (6)$$

Nilai variabel model berada pada durasi normal 10 hari hingga 4 hari (percepatan maksimum untuk aktifitas bekisting sloof adalah 60% dari Normal Duration aktifitas tersebut).

### Model TCTO Aktifitas Pembesian Sloof

Model *TCTO* untuk aktifitas Pembesian Sloof yang berupa *TCTO* model linier, dengan *Cost Slope* adalah Rp.1.453.235,28. Hal ini sejalan dengan pendapatnya (Ebeltagi, 2009), namun memiliki perbedaan *slope*. *Cost Slope* tersebut menggambarkan karakteristik model untuk Kabupaten Aceh Barat, yaitu:

$$C_c = -1453235.277.(D_c) + 64424400.97 \quad (7)$$

Pemberian batasan nilai variabel yaitu berada pada durasi normal 10 hari hingga dapat direduksi sebesar 5 hari. Kondisi ini menggambarkan bahwa percepatan maksimum untuk aktifitas bekisting sloof adalah 50% dari *Normal Duration* pada aktifitas tersebut. Sementara biaya tambahan yang dapat dihasilkan dari percepatan perhari adalah 2.88% dari biaya normal aktifitas.

### Model TCTO Aktifitas Pengecoran Sloof

Penelitian ini telah mengembangkan model *TCTO* untuk aktifitas Bekisting Sloof yang juga berupa *TCTO* model linier. *Cost Slope* adalah Rp. 2.091.642,09 (3.88% dari biaya normal aktifitas tersebut) menunjukkan nilai yang lebih besar dari *Cost Slope* pada model *TCTO* aktifitas bekisting sloof. Ebeltagi, (2009) menyatakan bahwa aktivitas dengan *cost slope* linier akan memiliki slope yang sama hingga mencapai crash duration. Kondisi ini menunjukkan nilai minimum yang konstant untuk pemilihan aktifitas. Oleh karena itu Model *TCTO* pengecoran sloof akan menjadi alternatif percepatan terakhir dibandingkan kedua *TCTO* aktifitas pembesian sloof dan aktifitas bekisting sloof.

Model untuk *TCTO* pengecoran sloof ini sebagaimana di formulasikan pada persamaan (8).

$$Cc = -2091642.089.(Dc) + 74561455.07 \quad (8)$$

Batasan nilai variabel yaitu antara durasi normal 10 hari – 4 hari adalah merupakan rentang dari durasi aktifitas tersebut dapat direduksi atau dikatakan dapat dipercepat hingga 60% dari *Normal Duration*.

### Model Time-cost trade-off

Penelitian ini telah mengembangkan *model time cost trade off* pada aktifitas pekerjaan *sloof*, yang di rinci atas sub aktifitas bekisting *sloof*, pembesian *sloof*, dan pengecoran *sloof*. Setiap sub aktifitas tersebut memiliki karakteristik yang berbeda, yaitu jenis pekerjaan yang membutuhkan keterampilan tukang kayu, tukang besi dan tukang batu.

**Tabel 7. Resume dari reduksi durasi dan tambahan biaya yang diperlukan untuk aktifitas Sloof**

No	Sub-aktifitas dari Pekerjaan Sloof	% reduksi durasi maksimum	% tambahan biaya yang diperlukan perhari reduksi
1.	Bekisting sloof	60%	2.88%
2.	Pembesian sloof	50%	2.93%
3.	Pengecoran sloof	60%	3.88%

Pekerjaan sloof adalah pekerjaan yang tidak memerlukan tingkat kompleksitas yang tinggi, sehingga memungkinkan untuk digunakan sebagai alternatif untuk

mereduksi schedule proyek. Reduksi durasi perharinya dari setiap sub aktifitas sloof dan tambahan biaya yang diperlukan sebagaimana diperlihatkan pada tabel 7.

Beberapa strategi dapat dilakukan untuk melakukan mereduksi/percepatan aktifitas sloof tersebut didasarkan juga pada spesifikasi sub aktifitas dari pekerjaan sloof tersebut.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa menurut 50 responden yang diteliti, percepatan durasi akan mengakibatkan peningkatan biaya pelaksanaan pekerjaan secara linear.
2. Setiap aktifitas tertentu dapat di rinci dalam sub aktifitas yang lebih spesifik, yang didasarkan pada jenis keterampilan tenaga kerja sebagaimana yang telah dihasilkan pada penelitian ini.
3. Model *TCTO* yang dihasilkan adalah model linier dengan maksimum percepatan untuk sub aktifitas bekisting, pembesian, dan pengecoran sloof adalah secara berturut-turut 60%, 50%, 60% dan dan tambahan biaya yang dibutuhkan adalah 2.88%, 2.93%, dan 3.88%.
4. Biaya tambahan terbesar adalah pada sub aktifitas beton sloof dibandingkan sub aktifitas besi sloof dan bekisting sloof.

### Saran

Penelitian ini membatasi hanya untuk model *TCTO* pada aktifitas pekerjaan sloof. Banyaknya aktifitas proyek yang terlibat dalam proses percepatan *schedule* proyek, sehingga diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat menganalisa model *TCTO* untuk aktifitas lainnya. Hal ini dimaksudkan agar manajer proyek, sebagai praktisi, dapat secara leluasa memilih aktifitas yang ingin direduksinya untuk mencapai percepatan *schedule* proyeknya.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ebeltagi, E., 2009, *Lecture Notes On Construction Project Management*, Mansoura University,

Egypt.

- [2]. Imantoro, T., 2016, Analisis Biaya dan Waktu Proyek Kontruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) dibandingkan dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time-cost trade-off, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- [3]. Irianto, A., 2004, Statistik Konsep Dasar dan Aplikasinya, Penerbit Prenada Media, Jakarta Timur
- [4]. Priyo, M., A.Sumanto, 2016, Analisa Percepatan Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (lembur) Menggunakan metode Time-cost trade-off: Studi Kasus Proyek Pembangunan Prasarana Pengendali Banjir, Jurnal Ilmiah Semesta Teknika Vol.19, Hal. 1-15.
- [5]. Yoni, et al, 2013, Perbandingan Penambahan Waktu Kerja Dengan Penambahan Tenaga Kerja Terhadap Biaya Pelaksanaan Proyek Dengan Metode Time-cost trade-off (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Instalasi Farmasi Blahkiuh), Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 17, halaman 129-138.