Model *Time-Cost Trade-Off* pada Pekerjaan Tangga Beton Di Banda Aceh

T. Muhammad Fachrul Rozie¹Fachrurrazi²Cut Zukhrina Oktaviani³

¹Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia

^{2,3}Dosen, jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia.

Email: tmfrzio@gmail.com

Abstract

The construction project is very dependent on the project management process, both costs and time. In the implementation process, the service provider must complete one job before doing the next work. Addressing this problem requires a method that is accelerated. The purpose of this study is to do time-cost trade-off modeling. The model was developed from respondent's perceptions through filling out questionnaires and RAB data. Respondents in study were directors, estimators and project manager at construction companies domiciled in Banda Aceh. The results showed that ladder work can be broken down into formwork, cleaning and casting. Based on sub-activities, ladder work can be accelerated from the normal duration of the project with the maximum additional cost arising from the acceleration of the duration of the ladder work is Rp. 14.109.984,07 (22,13% of normal costs), the maximum additional cost incurred due to the acceleration of the duration of the casting work is Rp. 12.144.740,00 (18,78% of normal costs) and the maximum additional cost incurred due to the acceleration of the duration of the formwork work is Rp. 12.331.359,00 (19,64% of normal costs). Additional costs per day vary for work items on the stairs because the time-cost trade-off model is non-linear.

Keyword: *Time-Cost Trade-Off, normal duration, normal costs, cost of crashing stair works.*

Abstrak

Pelaksanaan proyek konstruksi sangat tergantung dengan proses manajemen proyek, baik biaya maupun waktu. Pada proses pelaksanaannya, penyedia jasa harus menyelesaikan satu pekerjaan sebelum mengerjakan pekerjaan selanjutnya. Mengatasi masalah tersebut memerlukan suatu cara yaitu dilakukan percepatan. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan pemodelan *time-cost trade-off*. Model tersebut dikembangkan dari persepsi responden melalui pengisian kuesioner dan data RAB. Responden dalam penelitian ini adalah direktur, estimator dan manajer proyek pada perusahaan konstruksi yang berdomisili di Banda Aceh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pekerjaan tangga dapat dipecah menjadi sub-aktivitas bekisting, pembesian dan pengecoran. Berdasarkan sub-aktivitas pekerjaan tangga dapat dipercepat dari durasi normal proyek dengan biaya tambahan maksimum yang timbul akibat percepatan durasi pada pekerjaan pengecoran tangga adalah Rp. 14.109.984,07 (22,13% dari biaya normal), biaya tambahan maksimum yang timbul akibat percepatan durasi pada pekerjaan pembesian tangga adalah Rp. 12.144.740,00 (18,78% dari biaya normal) dan biaya tambahan maksimum yang timbul akibat percepatan durasi pada pekerjaan bekisting tangga adalah Rp. 12.331.359,00 (19,64% dari biaya normal). Biaya tambahan per hari berbeda-beda untuk item pekerjaan pada tangga karena model *time-cost trade-off* berupa non-linear.

Kata Kunci: *Time-Cost Trade-Off, durasi normal, biaya normal, biaya crash pekerjaan tangga.*

1. PENDAHULUAN

Proyek konstruksi merupakan rangkaian mekanisme pekerjaan yang saling bergantung antara yang satu dengan yang lainnya. Pada pembangunan proyek konstruksi berbagai hal dapat terjadi yang dapat menyebabkan bertambahnya waktu pelaksanaan dan biaya pelaksanaan. Faktor biaya, waktu dan kualitas membentuk suatu hubungan yang saling bergantung serta berpengaruh sangat kuat karena hal tersebut sangat menentukan keberhasilan suatu proyek.

Keberhasilan suatu proyek dapat dinilai dari penyedia jasa dalam mengambil keputusan di lapangan. Keputusan tersebut dapat berupa komunikasi dengan tenaga kerja, menentukan bahan dan material, estimasi biaya dan melakukan percepatan

jika terjadi beberapa hal yang dapat menyebabkan harus dilakukan percepatan. Seringkali di lapangan penyedia jasa melakukan percepatan karena ingin menyelesaikan proyek lebih cepat dari durasi normalnya atau tepat waktu sebelum terjadi kendala yang dapat menyebabkan terlambat dalam penyelesaiannya.

Macam-macam model dari metode percepatan dapat digunakan oleh penyedia jasa, termasuk didalamnya memodelkan percepatan dengan metode *time-cost trade-off*.

2. TINJAUAN KEPUSTAKAAN

2.1 Proyek dan Manajemen Proyek

Santosa[1] menyebutkan proyek adalah suatu rangkaian aktifitas kegiatan atau pekerjaan yang saling berkaitan untuk mencapai suatu hasil tertentu dan dilakukan dalam periode waktu yang telah ditentukan atau ditetapkan. Sebuah proyek memiliki beberapa karakteristik penting yang terkandung di dalamnya yaitu : sementara (*temporary*), unik, dan *progressive elaboration*.

Manajemen proyek adalah tahap aplikasi pengetahuan (*knowledges*), keterampilan (*skills*), alat (*tools*) dan teknik (*techniques*) dalam aktifitas-aktifitas proyek untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan proyek.

2.2 Durasi Proyek

Dannyanti[2] menyebutkan durasi proyek adalah jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan proyek. Volume pekerjaan, metode kerja, keadaan lapangan, serta keterampilan tenaga kerja dalam pelaksanaan proyek secara analitis adalah faktor yang berpengaruh dalam menentukan durasi pekerjaan. Rumus untuk menghitung durasi suatu pekerjaan yaitu :

$$\text{Durasi pekerjaan} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Jth Tenaga Kerja} \times \text{Produktivitas}} \dots\dots\dots 1)$$

2.3 Biaya Proyek

Mela[3] menyebutkan sumber daya antara lain tenaga kerja, material, metode dan peralatan diperlukan suatu proyek selama masa konstruksi. Kebutuhan tersebut dapat mempengaruhi biaya dan pendapatan proyek. Biaya di atas dapat berupa biaya langsung dan biaya tidak langsung.

2.3.1. Biaya langsung

Rani[4] menyebutkan biaya yang timbul dan berhubungan langsung dengan aktivitas proyek yang sedang dikerjakan disebut biaya langsung. Biaya langsung antara lain:

- a. Biaya Bahan dan Material
Bahan atau material yang akan dipakai harus dihitung secara cermat kuantitasnya dengan telah memperhitungkan material hilang. Biaya material untuk satu tempat dengan tempat lain mungkin berbeda hal ini dipengaruhi oleh kelangkaan material, biaya transportasi dan stock material.
- b. Biaya Upah
Biaya upah tenaga kerja bervariasi dan tergantung terhadap keahlian dan standart gaji dimana proyek tersebut berada. Upah pekerja ini termasuk biaya tanggungan kesehatan dan asuransi kecelakaan kerja. Lokasi proyek dimana biaya hidup tinggi maka standart gajinya juga tinggi. Untuk daerah yang cukup sulit mendapatkan tenaga kerja yang memiliki keahlian yang diharapkan, maka sangatlah mungkin untuk mendatangkan tenaga kerja dari

daerah lain yang mana akan menambah biaya mobilitas pekerja dan biaya penginapan pekerja yang cukup besar.

- c. Biaya Alat
Untuk peralatan umum yang biasa digunakan perlu dipertimbangkan untuk menyewa atau membeli alat tersebut. Karena dengan suatu analisa dan pertimbangan yang tepat dapat menekan biaya peralatan.
- d. Biaya Sub-Kontraktor
Biaya ini diperlukan bila ada bagian pekerjaan diserahkan/dikerjakan oleh sub-kontraktor. Sub-kontraktor ini bertanggung jawab dan dibayar oleh kontraktor utama

2.3.2. Biaya tidak langsung

Rani[4] menyebutkan biaya yang diperlukan untuk setiap kegiatan proyek, tetapi tidak berhubungan langsung dengan kegiatan yang bersangkutan dan dihitung pada awal proyek sampai akhir proyek disebut biaya tidak langsung. Biaya tidak langsung tersebut antara lain:

- a. Biaya *Overhead*
Biaya *Overhead* adalah biaya-biaya operasional yang menunjang pelaksanaan pekerjaan selama proyek berlangsung, yang meliputi :
 1. Fasilitas sementara
 2. Operasional petugas satpam
 3. Biaya untuk K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja)
- b. Gaji Pegawai
Termasuk dalam unsur biaya ini adalah gaji maupun honor pegawai/ karyawan tetap dan tidak tetap yang terlibat maupun tidak terlibat dalam proyek yang dibebankan dalam pembiayaan proyek tersebut.
- c. Biaya Tak Terduga
Biaya tak terduga adalah biaya untuk kejadian-kejadian yang mungkin bisa terjadi, mungkin tidak.
- d. Keuntungan
Keuntungan kontraktor yang direkomendasikan dalam kontrak kerja pada umumnya 10% selain itu juga tergantung besarnya resiko pekerjaan tersebut, semakin besar resikonya maka akan semakin besar pula propit yang ditetapkan. Bagi kontraktor propit sangat dipengaruhi oleh seberapa besar efisiensi yang dapat dilakukan kontraktor yang bersangkutan dengan baik mengurangi kualitas, spesifikasi dan waktu pelaksanaan proyek.

2.4 Model Time-Cost Trade-Off

Biswas, Karmakera, dan Biswas[6] menyebutkan bahwa *time-cost trade-off* adalah mengurangi durasi proyek asli yang diperoleh dari analisis jalur kritis untuk memenuhi tenggat waktu tertentu dengan biaya langsung dan tidak langsung minimum proyek.

Ebeltagi[7] menyebutkan ada tiga jenis model *time-cost trade-off* untuk suatu kegiatan yaitu linier, non-linier dan diskret. Model *Time-Cost Trade-Off* merupakan model yang berisi parameter *Normal Duration*, *Crash Duration*, *Normal Cost*, *Crash Cost* dan *Cost Slope*.

Gambar 1 Ilustrasi model non-linear *time-cost trade-off* untuk suatu kegiatan

Sumber : Fachrurrazi[8]

2.4.4 Normal Duration

Normal duration adalah durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kegiatan dengan sumber daya normal yang ada tanpa adanya biaya tambahan dari dalam proyek.

2.4.2 Crash Duration

Crash duration adalah durasi yang akan dibutuhkan oleh suatu proyek dalam usahanya untuk mempercepat durasi bagi suatu proyek sehingga durasinya lebih pendek dari *normal duration*.

2.4.3 Normal Cost

Normal Cost merupakan biaya yang dikeluarkan dengan penyelesaian proyek dalam waktu normal.

$$C_n = \frac{\text{Biaya pekerjaan}}{\text{Durasi pekerjaan}} \dots\dots\dots 2)$$

2.4.4 Crash Cost

Crash Cost merupakan biaya yang digunakan untuk melaksanakan aktivitas tersebut dalam jangka waktu sebesar durasi percepatannya. Anas[5] menyebutkan rumus untuk menghitung *crash cost* adalah sebagai berikut :

$$C_c = (1 + \% \overline{\Delta c}_{\max}) C_n \dots\dots\dots 3)$$

2.2.5 Cost Slope

Mela[4] menyebutkan dari kurva waktu biaya suatu kegiatan, dapat diketahui berapa *slope* atau sudut

kemiringannya, sehingga bisa dihitung berapa besar biaya untuk mempersingkat waktu satu hari. *Cost slope* (C_s) adalah penambahan biaya langsung (*direct cost*) untuk mempercepat suatu aktivitas per satuan waktu. Rumus *cost slope* adalah sebagai berikut :

$$C_s = \frac{C_c - C_n}{D_n - D_c} \dots\dots\dots 4)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada perusahaan-perusahaan konstruksi yang berada di Banda Aceh. Data primer yang digunakan berupa kuesioner yang berisikan pertanyaan dan pandangan mengenai konsep percepatan durasi dalam proyek konstruksi, penggambaran pengaruh hubungan percepatan durasi proyek terhadap peningkatan biaya. Sedangkan data sekunder berisikan volume, biaya normal dan durasi normal.

Proses pengolahan data dilakukan dengan cara merakit data primer dan data sekunder, kemudian data primer diuji validasi dan reabilitasinya. Sedangkan data sekunder dianalisis untuk menghasilkan model *time-cost trade-off*.

Berikut ini adalah tahapan-tahapan untuk menghasilkan model *time-cost trade-off*, yaitu :

1. Mengasumsikan *normal duration* aktivitas pekerjaan ke 10 hari untuk menyeragamkan data dan membuat model yang lebih umum.
2. Menormalisasikan *normal cost* ke durasi acuan dengan menggunakan rumus 2).
3. *Crash duration* adalah durasi pekerjaan setelah dilakukan percepatan.
4. Menentukan nilai *crash cost* dengan menggunakan rumus 3).
5. Dihasilkan nilai *cost slope* dari rumus 4).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Pada hasil penelitian ini dikemukakan model *time-cost trade-off* pada tangga beton bangunan gedung di Banda Aceh dari data yang diperoleh.

4.1.1. Karakteristik Responden

Gambar 2 Karakteristik responden berdasarkan pendidikan terakhir

Gambar 3 Karakteristik responden berdasarkan jabatan responden

Gambar 4 Karakteristik responden berdasarkan pengalaman kerja

4.1.2. Model Time-Cost Trade-Off

1. Normal duration

Menyelesaikan pekerjaan dalam kondisi normal, tiap responden memiliki durasi yang berbeda-beda tergantung pada produksi responden tersebut. Dalam analisis percepatan, durasi normal ditentukan 10 hari. Hal ini dikarenakan pekerjaan tersebut harus dipercepat per harinya hingga mencapai Dc.

2. Normal cost

Analisa *normal cost* dihitung dengan menggunakan persamaan 2). Resume hasil dapat dilihat pada tabel 1 untuk model dan tabel 2 untuk validasi model.

Tabel 1 Resume hasil Cn/10 hari pekerjaan tangga untuk model

No	Pekerjaan	Volume	Satuan	Normal Cost (Rp)
1	Bekisting	73,30	M ²	Rp 23.461.793,89
2	Pembesian	1389,96	Kg	Rp 43.552.694,34
3	Pengecoran	13,94	M ³	Rp 45.149.063,32

Tabel 2 Resume hasil Cn/10 hari pekerjaan tangga untuk validasi model

No	Pekerjaan	Volume	Satuan	Normal Cost (Rp)
1	Bekisting	25,56	M ²	Rp 21.052.814,33
2	Pembesian	613,15	Kg	Rp 36.137.308,21
3	Pengecoran	3,77	M ³	Rp 25.967.720,45

3. Crash Duration

Tabel 3 Resume hasil rata-rata Dc pekerjaan tangga

No	Item pekerjaan	Dn (Hari)	Dc (Hari)
1	Pengecoran	10	1
2	Pembesian	10	3
3	Bekisting	10	3

Nilai *crash duration* diperoleh dari kuisioner yang telah terkumpul dan dianalisa untuk mendapatkan nilai rata-rata dari jawaban responden. Resume hasil rata-rata *crash duration* dapat dilihat pada Tabel 3.

4. Crash cost

Menghitung nilai *crash cost* perlu diketahui durasi maksimum yang dapat dipercepat (Δ_{dmax}). Resume hasil rata-rata Δ_{dmax} dan Δ_{cmax} pekerjaan tangga dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Resume hasil rata-rata Δ_{dmax} dan Δ_{cmax} pekerjaan tangga

No	Item pekerjaan	Dn (Hari)	Δ_{dmax} (Hari)	Δ_{cmax} (%)
1	Pengecoran	10	9	22,13
2	Pembesian	10	7	18,78
3	Bekisting	10	7	19,64

Dari Tabel 4 dapat dilihat nilai Δ_{dmax} dan Δ_{cmax} untuk pekerjaan tangga. Nilai *crash cost* dapat dihitung menggunakan rumus 3).

Tabel 5 Resume hasil nilai Cc pekerjaan tangga

No	Item pekerjaan	Δ_{cmax} (%)	Cn (Rp)	Cc (Rp)
1	Pengecoran	22,13	Rp. 45.149.063,32	Rp. 55.142.056,00
2	Pembesian	18,78	Rp. 43.641.786,86	Rp. 51.836.744,61
3	Bekisting	19,64	Rp. 23.461.793,89	Rp. 28.070.732,96

5. Pemodelan

Gambar 5 Model time-cost trade-off pengecoran pekerjaan tangga

Gambar 6 Model time-cost trade-off pembesian pekerjaan tangga

Gambar 7 Model time-cost trade-off bekisting pekerjaan tangga

6. Cost slope

Menghitung nilai *cost slope* digunakan persamaan 4). Hasil perhitungan nilai *cost slope* dapat dilihat pada Tabel 6, Tabel 7 dan Tabel 8 berikut.

Tabel 6 Nilai cost slope dengan Dn 10 hari pekerjaan pengecoran tangga

Dn (Hari)	Dc (Hari)	Cn (Rp)	Cc (Rp)	Cs (Rp)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)= 4-3/1-2
10	10	45.149.063,32	45.149.063,32	
10	9	45.149.063,32	47.381.433,67	2.232.370,35
10	8	45.149.063,32	49.403.108,39	2.127.022,54
10	7	45.149.063,32	50.366.288,41	1.739.075,03
10	6	45.149.063,32	51.580.296,56	1.607.808,31
10	5	45.149.063,32	52.458.195,01	1.461.826,34
10	4	45.149.063,32	53.346.126,59	1.366.177,21
10	3	45.149.063,32	54.018.345,98	1.267.040,38
10	2	45.149.063,32	54.735.714,43	1.198.331,39
10	1	45.149.063,32	55.142.056,00	1.110.332,52

Tabel 7 Nilai cost slope dengan Dn 10 hari pekerjaan pembesian tangga

Dn (hari)	Dc (hari)	Cn (Rp)	Cc (Rp)	Cost Slope (Rp)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)= 4-3/1-2
10	10	43.641.786,86	43.641.786,86	
10	9	43.641.786,86	45.154.702,14	1.512.915,28
10	8	43.641.786,86	46.999.779,90	1.678.996,52
10	7	43.641.786,86	47.991.418,28	1.449.877,14
10	6	43.641.786,86	49.249.756,47	1.401.992,40
10	5	43.641.786,86	50.219.573,96	1.315.557,42
10	4	43.641.786,86	51.126.353,31	1.247.427,74
10	3	43.641.786,86	51.836.744,61	1.170.708,25

Tabel 8 Nilai cost slope dengan Dn 10 hari pekerjaan bekisting tangga

Dn (Hari)	Dc (Hari)	Cn (Rp)	Cc (Rp)	Cs (Rp)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)= 4-3/1-2
10	10	23.461.793,89	23.461.793,89	
10	9	23.461.793,89	24.621.849,26	1.160.055,36
10	8	23.461.793,89	25.672.416,25	1.105.311,18
10	7	23.461.793,89	26.172.934,52	903.713,54
10	6	23.461.793,89	26.803.796,09	835.500,55
10	5	23.461.793,89	27.259.997,64	759.640,75
10	4	23.461.793,89	27.721.412,92	709.936,50
10	3	23.461.793,89	28.070.732,96	658.419,87

4.2 Pembahasan

Setiap data sekunder yang terkumpul memiliki biaya dan durasi yang berbeda-beda. Sehingga diperlukan durasi normal untuk menganalisis biaya normal pekerjaan. Untuk

1. *Normal duration* (Dn)
Penyeragaman data biaya normal digunakan durasi acuan yaitu Dn 10 hari.
2. *Normal cost* (Cn) untuk tiap pekerjaan yaitu :
 - Pekerjaan pengecoran tangga :
Rp 45.149.063,32
 - Pekerjaan pembesian tangga :
Rp 43.641.786,86
 - Pekerjaan bekisting tangga :
Rp 23.461.793,89
3. *Crash duration* (Dc) diperoleh dengan mengacu pada Dn 10 hari.
 - Pekerjaan pengecoran tangga Dc = 1 hari
 - Pekerjaan pembesian tangga Dc = 3 hari
 - Pekerjaan bekisting tangga Dc = 3 hari
4. *Crash cost* (Cc) yang didapat dari analisis data yaitu :
 - Pekerjaan pengecoran tangga :
Cc = Rp 55.142.056,00
 - Pekerjaan pembesian tangga :
Cc = Rp 51.836.744,61
 - Pekerjaan bekisting tangga
Cc = Rp 28.070.732,96

5. Model *time-cost trade-off* durasi 10 hari dan tambahan biaya pada masing-masing pekerjaan.
 - Pekerjaan pengecoran :
 $y = -93.680,51x^2 - 25.941,71x + 55.107.441,71$
 - Pekerjaan pembesian :
 $y = -78.768,81x^2 - 144.346,94x + 52.957.287,90$
 - Pekerjaan bekisting :
 $y = -63.154,43x^2 + 188.221,93x + 27.999.509,66$
6. *Cost Slope* (Cs) yang dihasilkan dari model berbeda-beda untuk setiap pekerjaan. Nilai *cost slope* (Cs) yang dihasilkan adalah sebagai berikut :
 - Nilai Cs pekerjaan pengecoran adalah
 Dc 1 hari = Rp. 1.110.332,52
 Dc 2 hari = Rp. 1.198.331,39
 Dc 3 hari = Rp. 1.267.040,38
 Dc 4 hari = Rp. 1.366.177,21
 Dc 5 hari = Rp. 1.461.826,34
 Dc 6 hari = Rp. 1.607.808,31
 Dc 7 hari = Rp. 1.739.075,03
 Dc 8 hari = Rp. 2.127.022,54
 Dc 9 hari = Rp. 2.232.370,35
 - Nilai Cs pekerjaan pembesian adalah
 Dc 1 hari = Rp. 1.170.708,25
 Dc 2 hari = Rp. 1.247.427,74
 Dc 3 hari = Rp. 1.315.557,42
 Dc 4 hari = Rp. 1.401.992,20
 Dc 5 hari = Rp. 1.449.877,14
 Dc 6 hari = Rp. 1.678.996,52
 Dc 7 hari = Rp. 1.512.915,28
 - Nilai Cs pekerjaan bekisting adalah
 Dc 1 hari = Rp. 658.419,87
 Dc 2 hari = Rp. 709.936,50
 Dc 3 hari = Rp. 759.640,75
 Dc 4 hari = Rp. 835.500,55
 Dc 5 hari = Rp. 903.713,54
 Dc 6 hari = Rp. 1.105.311,18
 Dc 7 hari = Rp. 1.160.055,36

Dari nilai *cost slope* (Cs) diatas dapat dilihat bahwa tambahan biaya yang timbul akibat percepatan durasi menjadi tidak tetap, karena model *time-cost trade-off* adalah non-linear.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat diambil kesimpulan dan saran.

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari model *time-cost trade-off* pada pekerjaan tangga beton bangunan gedung di Banda Aceh, antara lain:

1. Pengolahan data untuk model *time-cost trade-off* menunjukkan adanya tambahan biaya pelaksanaan akibat percepatan durasi.

2. Model yang dihasilkan adalah persamaan non-linear metode kuadratik dengan persamaan $y = 55.107.441,71 - 25.941,71x - 93.680,51x^2$ untuk pekerjaan pengecoran dengan persamaan $y = 52.957.287,90 - 144.346,94x - 78.768,81x^2$ pekerjaan pembesian dengan persamaan dan $y = 27.999.509,66 + 188.221,93x - 63.154,43x^2$ untuk pekerjaan bekisting.
3. Pada pekerjaan pengecoran tangga dapat dilakukan percepatan sebesar 90% dari durasi normalnya, pekerjaan pembesian tangga dapat dilakukan percepatan sebesar 70% dari durasi normalnya dan pekerjaan bekisting tangga dapat dilakukan percepatan sebesar 70% dari durasi normalnya.
4. Dari model *time-cost trade-off* yang dihasilkan, biaya tambahan maksimum yang timbul akibat percepatan durasi pada pekerjaan pengecoran tangga adalah Rp. 14.109.984,07 (22,13% dari biaya normal), biaya tambahan maksimum yang timbul akibat percepatan durasi pada pekerjaan pembesian tangga adalah Rp. 12.144.740,00 (18,78% dari biaya normal) dan biaya tambahan maksimum yang timbul akibat percepatan durasi pada pekerjaan bekisting tangga adalah Rp. 12.331.359,00 (19,64% dari biaya normal). Biaya tambahan per hari berbeda-beda untuk item pekerjaan pada tangga karena model *time-cost trade-off* berupa non-linear.

5.2. Saran

1. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan penelitian pada proyek yang sedang berjalan sehingga data yang diperoleh lebih akurat.
2. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan penelitian pada jenis bangunan yang lain sehingga data yang diperoleh lebih variasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Santosa, B., Manajemen Proyek Konsep & Implementasi, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2009.
- [2] Dannyanti, E., Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode PERT dan CPM Studi Kasus : Twin Tower Building Pasca Sarjana Undip , Fakultas Ekonomi, Universitas Diponegoro, Semarang. 2010.
- [3] Mela, A. F., Analisis Time-Cost Trade-Off Untuk mengejar Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Pembangunan Hotel Zodiak Lampung, Pembangunan Hotel Park In by Radisson, Pembangunan Toko Mitra Hasil Sentosa di Bandar Lampung, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2016.

- [4] Rani, I. A., Analisis Perbandingan Percepatan Pelaksanaan Pekerjaan Ditinjau dari Penambahan Jam Kerja pada Proyek Pembangunan Gedung ITERA Tahap I, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2014.
- [5] Anas, C. Y., “Model Time Cost Trade Off (TCTO) pada Percepatan Durasi Proyek Konstruksi”, Fakultas Teknik, Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, 2017.
- [6] Biswas, S. K., Karmakera, C. I, dan Biswas, T. K., “Time-Cost Trade-Off Analysis in a Construction Project Problem: Case Study”, IJCER 06(10): 33-38, 2016.
- [7] Ebeltagi, E., Lecture Notes on Construction Project Management, Mansoura University, Egypt, 2009.
- [8] Fachrurrrazi, Mahmudin, dan Ana, C., Y., Time-Cost Trade-Off Model For Tie Beam Activity, Jurnal Teknik Sipil 7(1): 9-15, 2018.