

# Model Hubungan Pertukaran Waktu dan Biaya pada Pekerjaan Rangka Atap di Kabupaten Pidie

Rita Zahara<sup>1</sup> Nurul Malahayati<sup>2</sup> Fachrurrazi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia

<sup>2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia.

Email: ritaa.zahara.95@gmail.com

## Abstract

At the time of construction work, things that can lead to the outcome of the project, such as building, design and giving birth to mobilization. To overcome the necessary acceleration of construction projects. This study examines a large number of additional acceleration costs per day, aimed at creating Time Cost Trade off (TCTO) models in Pidie District. The time trade cost off model will be developed from questionnaire distribution data to directors, managers, project estimators domiciled in Pidie District. In addition to questionnaires, this study also uses secondary data that is cost budget plan (RAB) obtained from respondents. The analysis used in this research is simple linear regression analysis. The resulting model for lightweight steel roof truss work is  $c = 35.170.497,87 - 640.612,35d$  with and duration of accident (Dc) is 4 days. Therefore, the maximum acceleration that can be made is 6 days (60% of the normal duration) and the maximum additional charge of 9.33% of the normal cost with an additional cost per day (slope) is 2.33% of the normal cost.

**Keywords:** Time Cost Trade Off, acceleration of activity duration, additional cost, roof truss work, Pidie District

## Abstrak

Pada pelaksanaan proyek konstruksi berbagai hal dapat menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek, seperti pengaruh cuaca, perubahan design dan keterlambatan mobilisasi. Untuk mengatasi keterlambatan perlu dilakukan percepatan proyek konstruksi. Penelitian ini mengkaji seberapa besar tambahan biaya akibat percepatan per hari, yang bertujuan untuk membuat suatu model Time Cost Trade off (TCTO) di Kabupaten Pidie. Model time cost trade off akan dikembangkan dari data penyebaran kuisisioner kepada direktur, manajer, estimator proyek yang berdomisili di Kabupaten Pidie. Selain kuisisioner, penelitian ini juga menggunakan data sekunder yaitu rencana anggaran biaya (RAB) yang diperoleh dari responden. Analisa yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisa regresi linear sederhana. Model yang dihasilkan untuk pekerjaan rangka atap baja ringan adalah  $c = 35.170.497,87 - 640.612,35d$  dengan dan crash duration (Dc) adalah 4 hari. Oleh karena itu, percepatan maksimum yang dapat dilakukan adalah 6 hari (60% dari durasi normalnya) dan biaya tambahan maksimum sebesar 9,33% dari biaya normal dengan biaya tambahan perhari (cost slope) adalah 2,33% dari biaya normal.

**Kata kunci:** Time Cost Trade Off, percepatan durasi kegiatan, tambahan biaya, pekerjaan rangka atap, Kabupaten Pidie.

## 1. Pendahuluan

Pada pelaksanaan proyek konstruksi berbagai hal dapat menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek, seperti pengaruh cuaca, perubahan design dan keterlambatan mobilisasi. Apabila hal tersebut terjadi maka pihak kontraktor sebagai pelaksana lapangan harus memberi solusi atas keterlambatan tersebut, salah satunya adalah dengan melakukan percepatan. Percepatan harus dilakukan dengan perencanaan yang baik, agar pertambahan biaya yang dikeluarkan minimal dan tetap memperhatikan mutu proyek. kontraktor perlu mengatur manajemen yang benar-benar matang dan terarah dengan jelas untuk setiap pekerjaan konstruksi. Untuk itu perlu dilakukan analisis durasi yang tepat dalam perencanaan setiap kegiatan konstruksi, untuk mendapatkan durasi yang relatif singkat dengan tambahan biaya yang minimal. Salah satu metode percepatan yang dapat dilakukan adalah dengan memodelkan hubungan pertukaran waktu dan biaya atau di sebut juga *Time-Cost Trade-Off*.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu model *Time Cost Trade off* pada pekerjaan rangka atap di

Kabupaten Pidie. Model ini digunakan kontraktor untuk menganalisa percepatan pekerjaan rangka atap di lapangan dan menghitung biaya setelah dipercepat yang harus dikeluarkan untuk percepatan tersebut. Penelitian ini juga akan menganalisis durasi normal, durasi maksimum dan biaya percepatan perhari hingga mencapai kondisi percepatan maksimum dari pekerjaan rangka atap. Analisis durasi normal dilakukan dengan pendekatan produksi berkenaan pekerjaan rangka atap perhari.

Ruang lingkup penelitian dibatasi pada pekerjaan rangka atap yang dilaksanakan oleh kontraktor yang tersebar di Kabupaten Pidie. Penelitian ini dibatasi hanya pada konstruksi gedung. Data untuk *Model Time Cost Trade-Off* didapat dari kuesioner yang disebarkan kepada pelaksana proyek yang terdiri dari direktur, manajer, dan estimator perusahaan. Data sekunder yang digunakan berupa Rencana Anggaran Biaya (RAB) berkisar tahun 2009-2017. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis regresi linear sederhana dan validasi model.

Manfaat pada penelitian ini adalah model *Time Cost Trade Off (TCTO)* pada pekerjaan rangka atap baja ini

dapat digunakan oleh kontraktor untuk menganalisis tambahan biaya apabila ingin melakukan percepatan penyelesaian kegiatan. Mengingat banyaknya pekerjaan-pekerjaan dalam proyek konstruksi disarankan adanya penelitian selanjutnya yang meninjau pekerjaan lain di Kabupaten Pidie.

## 2. Tinjauan kepustakaan

### 2.1 Proyek

Ervianto[1] menyatakan proyek konstruksi merupakan sebuah rangkaian kegiatan yang umumnya berjangka waktu pendek dan hanya satu kali dilaksanakan, dimana dalam rangkaian tersebut ada sebuah proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan.

Ervianto[1] menyatakan terdapat tiga karakteristik proyek konstruksi yang dapat dipandang secara tiga dimensi adalah dibutuhkan *resources* (sumber daya), organisasi dan bersifat unik

### 2.2 Durasi kegiatan

Durasi kegiatan merupakan jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah kegiatan dalam proyek. Faktor yang sangat berpengaruh dalam menentukan durasi pekerjaan adalah volume aktivitas proyek dan produksirata-rata per hari. Faktor lain yang berpengaruh dalam penentuan durasi adalah metode kerja, keadaan lapangan dan keterampilan tenaga kerja. Menurut Fachrurrizi[2] rumus untuk menghitung durasi pekerjaan adalah:

$$\text{Durasi} = \frac{V}{P} \dots\dots\dots 1)$$

Dimana :

V = Volume aktivitas proyek

P = Produksi rata-rata per hari

Menurut Nurhayati[3] beberapa alasan dalam pengurangan durasi konstruksi antara lain:

1. *Imposed project duration date* (tanggal waktu proyek terbebani)
2. Tekanan persaingan global
3. Apabila proyek selesai lebih cepat, akan ada insentif kepada pelaksanaan proyek
4. Kemungkinan terjadinya sebab-sebab yang tidak terduga seperti pengaruh cuaca, keterlambatan mobilisasi dan lainnya.
5. Kesalahan perencanaan dan design awal
6. Kerusakan pada peralatan dan mesin.

### 2.3 Biaya proyek

Dimiyati dan Nurjaman[4] menyatakan biaya proyek terbagi menjadi dua jenis antara lain :

#### 1. Biaya langsung (*direct cost*)

Biaya langsung adalah biaya-biaya yang langsung berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan konstruksi

di lapangan. Biaya langsung meliputi biaya upah, biaya peralatan, biaya subkontraktor dan biaya material.

#### 2. Biaya tidak langsung (*indirect cost*)

Biaya tidak langsung adalah semua biaya proyek yang tidak secara langsung berhubungan dengan konstruksi di lapangan tetapi biaya ini harus ada dan tidak dapat dilepaskan dari proyek tersebut. Biaya tidak langsung meliputi gaji pegawai, biaya pengadaan sarana umum dan biaya umum perkantoran.

### 2.4 Pekerjaan Rangka Atap

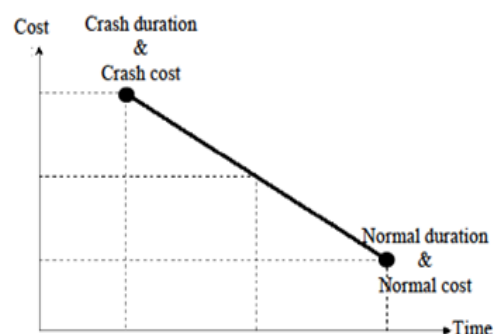
Trisnawan dan Hadi[5] menyatakan konstruksi rangka atap adalah suatu bentuk konstruksi yang berfungsi untuk menyangga konstruksi atap yang terletak di atas kuda-kuda tersebut. Fungsi rangka atap adalah menerima beban oleh bobot sendiri, yaitu beban kuda-kuda dan bahan pelapis berarah vertikal kemudian meneruskannya pada kolom dan pondasi, serta dapat berfungsi untuk menahan tekanan angin muatan yang berarah horizontal pada gavel.

### 2.5 Model *time cost trade off*

Buluatie dan Nurhadinata[6] menyatakan mempercepat suatu kegiatan konstruksi dapat dilakukan dengan metode *time cost trade off*. Metode *time cost trade off* memberikan alternatif kepada perencana proyek untuk dapat menyusun perencanaan terbaik sehingga upaya mengoptimalkan waktu dan biaya dalam menyelesaikan suatu proyek, penyelesaian penugasan sumber daya untuk efisiensi alokasi sumber daya juga diperlukan, sehingga dapat dihasilkan sumber daya yang diinginkan dengan pertambahan biaya yang paling optimum.

Ebeltagi[7] menyebutkan ada tiga model hubungan waktu dan biaya antara lain :

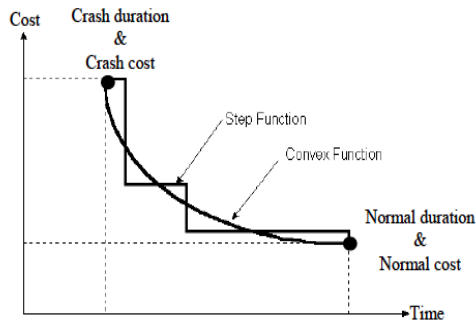
#### 1. linear *time cost trade off*



**Gambar 1. Model linear *time cost trade off* pada kegiatan proyek**  
Sumber : Ebeltagi[7]

Gambar 1 menunjukkan grafik bentuk linear, grafik linear *time cost trade off* merupakan salah satu bentuk yang sederhana. Pada grafik linear tiap sukunya mengalami kenaikan yang konstan, atau perkalian konstan. Pada grafik linear *time cost trade off* menggunakan variable tunggal.

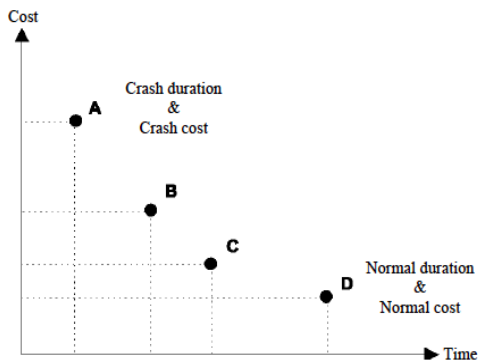
2. Non-linier *time cost trade off*



**Gambar 2. Model non-linear *time cost trade off* pada kegiatan proyek**  
 Sumber : Ebeltagi[7]

Gambar 2 menunjukkan model non-linear *time cost trade off*, model non-linear yang di pergunakan untuk menyatakan hubungan waktu-biaya dalam lingkup penjadwalan proyek yang lebih akurat dari yang dihasilkan oleh pendekatan dengan grafik linear. Pada grafik non-linear tidak terdapat keseragaman nilai antar suku atau nilai antar suku akan selalu berbeda sesuai dengan data yang dikumpulkan.

3. Model *discrete time cost trade off*



**Gambar 3. Model model *discrete time cost trade off* pada kegiatan proyek**  
 Sumber : Ebeltagi[7]

Gambar 3 menunjukkan model *discrete time cost trade off*, pada model ketiga yaitu *discrete time cost trade off* berbeda dengan dua model sebelumnya, pada model ini tidak ada hubungan antara biaya normal dan biaya *crash*, hanya ada biaya normal untuk durasi normal dan biaya *crash* untuk durasi *crash*.

Dari kurva waktu dan biaya suatu kegiatan dapat diketahui berapa besar biaya untuk mempersingkat waktu satu hari. *Cost slope* ( $C_s$ ) merupakan penambahan biaya langsung untuk mempercepat suatu aktivitas per satuan waktu. Dimiyati dan Nurjaman[4] menyebutkan rumus untuk menghitung  $C_s$  adalah:

$$C_s = \frac{C_c - C_n}{D_n - D_c} \dots\dots\dots 2)$$

- Dimana :
- $C_s$  = *cost slope* (Rp)
  - $C_c$  = *crash cost* (Rp)
  - $C_n$  = *normal cost* (Rp)

- $D_n$  = *normal duration* (hari)
- $D_c$  = *crash duration* (hari)

Dimiyati dan Nurjaman[4] menyebutkan untuk menganalisis hubungan waktu dan biaya digunakan definisi dan rumus berikut ini:

a. *Normal Duration* ( $D_n$ )  
*Normal duration* adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kegiatan dengan sumber daya normal yang ada tanpa adanya biaya tambahan dari dalam proyek.

b. *Crash Duration* ( $D_c$ )  
*Crash duration* adalah waktu yang akan dibutuhkan oleh suatu proyek dalam usahanya untuk mempersingkat waktu sehingga durasinya lebih pendek dari *normal duration*.

c. *Normal Cost* ( $C_n$ )  
*Normal Cost* merupakan biaya yang dikeluarkan dengan penyelesaian proyek dalam waktu normal. Perkiraan biaya ini adalah pada saat perencanaan dan penjadwalan bersamaan dengan penentuan durasi normal. Rumus untuk menghitung  $C_n$  adalah sebagai berikut

$$C_n = \frac{\text{Biaya pekerjaan}}{\text{Durasi pekerjaan}} \dots\dots\dots 3)$$

d. *Crash Cost* ( $C_c$ )  
*Crash Cost* merupakan biaya yang dikeluarkan dalam penyelesaian proyek dengan jangka waktu sebesar durasi percepatannya. Biaya setelah dipercepat akan menjadi lebih besar dari biaya normal. Rumus untuk menghitung  $C_c$  adalah sebagai berikut :

$$C_c = (1 + \% \overline{\Delta C}_{\max}) C_n \dots\dots\dots 4)$$

Untuk menghitung nilai  $\% \overline{\Delta C}_{\max}$  terlebih dahulu dihitung nilai  $\Delta d_{\max}$  sebagai berikut :

$$\Delta d_{\max} = D_n - D_c \dots\dots\dots 5)$$

- Dimana :
- $C_c$  = *crash cost* (Rp);
  - $C_n$  = *normal cost* (Rp);
  - $\% \overline{\Delta C}_{\max}$  = tambahan biaya pada keadaan  $\Delta d_{\max}$ .
  - $D_n$  = *normal duration* (hari)
  - $D_c$  = *crash duration* (hari)
  - $\Delta d_{\max}$  = durasi yang dipercepat

**2.5 Analisis Regresi Linear Sederhana**

Irianto[8] mengemukakan analisis regresi adalah alat analisis statistik yang dapat membantu peneliti untuk melakukan prediksi atau variabel terikat dengan mengetahui variabel bebas.

Analisis regresi linear sederhana merupakan teknik statistik yang berusaha untuk menentukan hubungan dua buah variabel. Sugiyono[9] menyebutkan persamaan regresi linear sederhana adalah sebagai berikut :

$$Y = a + bX \dots\dots\dots 6)$$

Nilai a dan b dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots 7)$$

$$b = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots 8)$$

Dimana :  
 Y = variabel terikat  
 X = variabel bebas  
 a = konstanta  
 b = koefisien regresi

**3. Metodologi penelitian**

**3.1 Subjek dan objek penelitian**

Subjek dari penelitian ini adalah durasi, biaya dan model hubungan waktu dan biaya. Sedangkan objek pada penelitian ini adalah pekerjaan rangka atap. Penelitian ini dibatasi hanya pada proyek gedung di kabupaten pidie.

**3.2 Variabel Penelitian**

Variabel penelitian adalah segala sesuatu yang akan menjadi objek pengamatan penelitian. Variabel penelitian terbagi menjadi variabel terikat (*dependent variable*) dan bebas (*independent variable*). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah biaya setelah dipercepat (*c*) untuk pekerjaan pemasangan rangka. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah durasi setelah dipercepat (*d*) pekerjaan rangka atap.

**3.3 Responden**

Arikunto[10] mengemukakan responden merupakan orang-orang yang menjawab pertanyaan penelitian baik pertanyaan tertulis maupun lisan. Pada penelitian ini responden akan mengisi kuesioner yang disebarkan. responden terdiri dari direktur, manajer, dan estimator proyek pada perusahaan kontraktor di Kabupaten Pidie. Jumlah responden yang diperoleh dalam penelitian ini sebanyak 50 responden dengan 40 data responden digunakan untuk mengembangkan model sedangkan 10 data responden digunakan untuk pengujian validasi model.

**3.4 Data penelitian**

**3.4.1 Data sekunder**

Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari responden. Jenis data yang akan dikumpulkan yaitu data harga dan volume pekerjaan rangka atap ini diperoleh dari dokumen rencana anggaran biaya (RAB). Data ini digunakan untuk mendapatkan biaya normal (*Cn*) dalam penelitian.

Data sekunder yang dikumpulkan masing-masing 50 dokumen rencana anggaran biaya (RAB). Dari 50 data

sekunder tersebut, 40 data akan digunakan untuk mengembangkan model sedangkan 10 data sisanya digunakan untuk validasi model.

**3.4.2 Data primer**

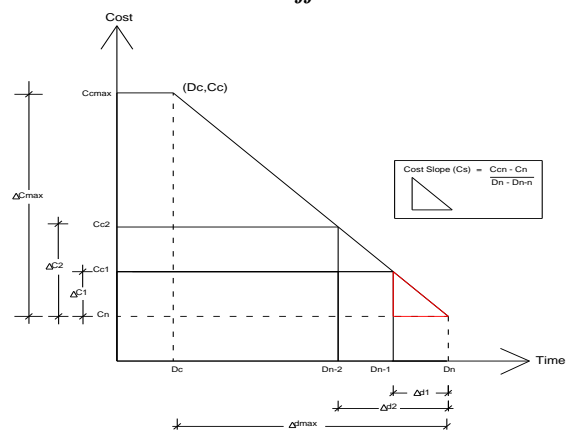
Data yang digunakan untuk membuat model hubungan waktu dan biaya untuk pekerjaan rangka atap diperoleh dari penyebaran kuisisioner kepada pihak pelaksana proyek, dalam hal ini pihak direktur, estimator dan manajer proyek. Data yang diperoleh berupa tambahan biaya akibat percepatan per hari dalam satuan persentase. Kuisisioner diberikan dengan cara mendatangi langsung responden.

Kuisisioner terdiri dari dua bagian yaitu:

1. Kuisisioner A karakteristik responden
2. Kuisisioner B data pengembangan model

**3.5 Metode pengolahan data**

**3.5.1 Model *time cost trade off***



**Gambar 4. Ilustrasi model *time cost trade off* untuk suatu kegiatan**

Model *TCTO* yang akan dikembangkan dalam penelitian ini sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 1 diatas. Dalam gambar tersebut terdapat 4 parameter yang harus dianalisis. Parameter-parameter tersebut yaitu *normal duration (Dn)*, *crash duration (Dc)*, *normal cost (Cn)*, dan *crash cost (Cc)*.

1. *Normal duration (Dn)*

*Dn* adalah jangka waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan dalam kondisi normal. *Dn* dalam penelitian diasumsikan 10 hari. Hal ini bertujuan untuk menyeragamkan data dan membangun model yang lebih umum, sehingga untuk durasi proyek yang berbeda nantinya dapat dinormalisasikan kedalam bentuk model tersebut

2. *Normal cost (Cn)*

*Cn* dalam penelitian ini diperoleh dari data sekunder yaitu dokumen RAB yang dikumpulkan dari responden.. Selanjutnya *Cn* dinormalisasikan ke durasi acuan dengan menggunakan rumus (3)

3. *Crash duration (Dc)*

*Dc* adalah durasi pekerjaan setelah dilakukan percepatan. Parameter *Dc* dapat dilihat pada Gambar 1

diatas dengan notasi  $D_c$ . Nilai  $D_c$  yang diperoleh dari kuesioner berbeda-beda, sesuai dengan jawaban responden.

#### 4. Crash cost ( $C_c$ )

$C_c$  adalah total biaya pekerjaan setelah dilakukan percepatan. Parameter  $C_c$  dapat dilihat pada Gambar 1 diatas dengan notasi  $C_c$ . Nilai  $C_c$  diperoleh dengan menggunakan rumus (4).

Untuk menghitung nilai  $\% \Delta c$  terlebih dahulu perlu diketahui nilai  $\Delta d_{\max}$ . Dimana  $\Delta d_{\max}$  diperoleh dari  $D_n$  dikurangi dengan  $D_c$  seperti diperlihatkan pada rumus (5). Nilai  $\Delta d_{\max}$  digunakan untuk mengetahui  $\%$  tambahan biaya masing-masing responden pada hari ke  $\Delta d_{\max}$ . Hasil dari  $\% \Delta c$  tersebut akan dirata-ratakan yang merupakan  $\%$  tambahan biaya. Selanjutnya nilai persentase tersebut akan dirupiahkan dalam bentuk  $C_c$  seperti rumus (4).

5. Semua parameter seperti *normal duration* ( $D_n$ ), *crash duration* ( $D_c$ ), *normal cost* ( $C_n$ ), dan *crash cost* ( $C_c$ ) diplot kedalam grafik sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1.

#### 6. Regresi linear sederhana

Langkah selanjutnya adalah melakukan analisa regresi linear sederhana dengan menggunakan persamaan (6). Analisa regresi ini dilakukan untuk melihat hubungan antara percepatan durasi sebagai variabel terikat dengan tambahan biaya sebagai variabel bebas.

#### 3.5.2 Validasi model

Setelah didapat model *time cost trade off* dari metode analisa regresi linear sederhana, selanjutnya dilakukan proses validasi. Proses validasi dilakukan untuk menghitung perbandingan antara hasil dari permodelan dengan hasil yang validasi diwakilinya. Dalam penelitian ini 40 data digunakan untuk mengembangkan model dan akan divalidasikan dengan 10 data validasi model yang dihasilkan.

## 4. Hasil dan pembahasan

### 4.1 Normal duration ( $D_n$ ) dan normal cost ( $C_n$ )

Setiap data sekunder yang terkumpul memiliki biaya dan durasi yang berbeda-beda. Sehingga diperlukan durasi normal untuk menganalisis biaya normal pekerjaan. Untuk menyeragamkan data biaya normal digunakan durasi acuan yaitu  $D_n$  10 hari. *Normal cost* ( $C_n$ ) untuk pekerjaan rangka atap dengan durasi 10 hari yaitu Rp 28.727.011.

### 4.2 Crash duration ( $D_c$ ) dan crash cost ( $C_c$ )

*Crash duration* ( $D_c$ ) diperoleh dengan mengacu pada  $D_n$  10 hari, dimana nilai  $D_c$  di peroleh dari data primer berupa kuesioner. *Crash cost* ( $C_c$ ) adalah total biaya pekerjaan setelah dilakukan percepatan. *Crash duration* ( $D_c$ ) dan *crash cost* ( $C_c$ ) pada model berbeda dengan *crash duration* dan *crash cost* sebelum model. *Crash duration* ( $D_c$ ) dan *crash cost* ( $C_c$ ) yang didapat dari

analisis data pekerjaan rangka atap yaitu :

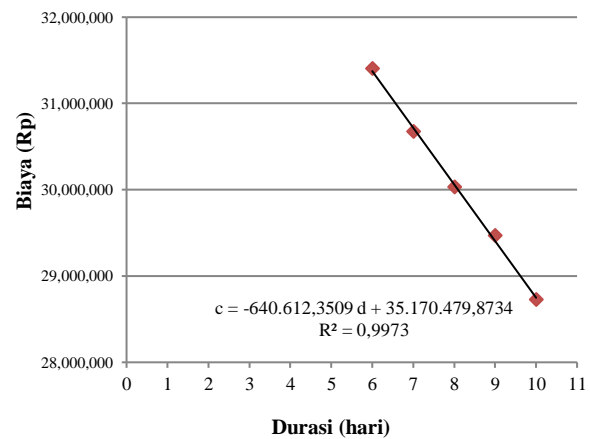
1. *Crash duration* ( $D_c$ ) = 6 hari;
2. *Crash cost* ( $C_c$ ) = Rp 31.405.805.

### 4.3 Model hubungan waktu dan biaya

Model *time cost trade off* pekerjaan rangka atap dibatasi oleh durasi 10 hari dan tambahan biaya pada pekerjaan rangka atap. Berdasarkan analisis regresi linear sederhana diperoleh persamaan model untuk pekerjaan rangka atap yaitu  $c = 35.170.479,87 - 640.612,35d$ .

Nilai  $c$  pada model adalah total biaya yang timbul pada durasi tertentu ( $d$ ) jika nilai  $d$  adalah  $D_n$  maka nilai  $c$  adalah  $C_n$ ., kemudian nilai percepatan satu hari diperoleh jika nilai  $d$  adalah  $D_n-1$  dan seterusnya. Sehingga semakin kecil durasi pekerjaan ( $d$ ) akan semakin besar biaya pekerjaan ( $c$ ) tersebut. Model *time cost trade off* pada pekerjaan rangka atap dapat di lihat pada gambar 2.

#### Pekerjaan Rangka Atap (A)



Gambar 5. Model hubungan waktu dan biaya pekerjaan rangka atap.

Dari grafik pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa pengurangan durasi mengakibatkan terjadi peningkatan biaya. Peningkatan biaya pada grafik merupakan linear untuk setiap interval waktu.

### 4.4 Normal cost ( $C_n$ ) dan normal duration ( $D_n$ ) pada model

Setelah didapatkan model *time-cost trade-off* maka diperoleh nilai *normal cost* ( $C_n$ ) untuk pekerjaan dengan durasi normal 10 hari. Nilai *normal cost* ( $C_n$ ) yang diperoleh berbeda dengan *normal cost* ( $C_n$ ) awal karena telah diregresikan. Perhitungan *normal cost* ( $C_n$ ) pada model adalah sebagai berikut :

$$c = -640.612,3509 d + 35.170.479,8734$$

$$c = -640.612,3509 (10) + 35.170.479,8734$$

$$c = \text{Rp } 28.764.356$$

Jadi *Normal cost* ( $C_n$ ) untuk pada pekerjaan rangka atap Rp 28.764.356

#### 4.5 Crash duration ( $D_c$ ) dan crash cost ( $C_c$ ) pada model

Crash duration ( $D_c$ ) diperoleh dengan mengacu pada  $D_n$  10 hari. Crash duration ( $D_c$ ) pada pekerjaan rangka atap adalah 6 hari. Untuk mendapat nilai normal cost ( $C_n$ ), nilai Crash duration ( $D_c$ ) 6 hari di substitusi kedalam model. Perhitungan normal cost ( $C_n$ ) pada model adalah sebagai berikut :

$$c = -640.612,3509 d + 35.170.479,8734$$

$$c = -640.612,3509 (6) + 35.170.479,8734$$

$$c = \text{Rp } 31.326.805$$

Jadi nilai crash cost ( $C_c$ ) dari model data pada pekerjaan rangka atap adalah Rp 31.326.805.

Menghitung durasi yang di percepat ( $\Delta d$ ) adalah sebagai berikut :

$$\Delta d = D_n - D_c$$

$$\Delta d = 10 \text{ hari} - 6 \text{ hari}$$

$$\Delta d = 4 \text{ hari}$$

Jadi durasi yang dipercepat adalah ( $\Delta d$ ) 4 hari, dimana 40% dari durasi normalnya.

Tabel rekapan perhitungan biaya setelah di percepat ( $C_c$ ) pada pekerjaan rangka atap berdasarkan model dapat di lihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. rekapan biaya setelah di percepat ( $C_c$ ) pada pekerjaan rangka atap berdasarkan model**

Model	$\Delta d$ (Hari)	$D_c$ (Hari)	$C_c$ (Rp)
$c = -640.612,3509d + 35.170.479,8734$	1	9	Rp 29.404.969
$c = -640.612,3509d + 35.170.479,8735$	2	8	Rp 30.045.581
$c = -640.612,3509d + 35.170.479,8736$	3	7	Rp 30.686.193
$c = -640.612,3509d + 35.170.479,8737$	4	6	Rp 31.326.806
$c = -640.612,3509d + 35.170.479,8738$	5	5	Rp 31.967.418
$c = -640.612,3509d + 35.170.479,8739$	6	4	Rp 32.608.030
$c = -640.612,3509d + 35.170.479,8740$	7	3	Rp 33.248.643
$c = -640.612,3509d + 35.170.479,8741$	8	2	Rp 33.889.255
$c = -640.612,3509d + 35.170.479,8742$	9	1	Rp 34.529.868

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa semakin besar durasi yang di percepat ( $\Delta d$ ), maka biaya yang di perlukan pada pekerjaan rangka atap akan semakin besar.

#### 4.6 Cost Slope ( $C_s$ )

Nilai Cost Slope ( $C_s$ ) yang dihasilkan dari model berbeda-beda untuk setiap pekerjaan. Perhitungan  $C_s$  untuk pekerjaan rangka atap adalah sebagai berikut :

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

$$C_s = \frac{\text{Rp } 31.405.805 - \text{Rp } 28.727.011}{10 - 6}$$

$$= \text{Rp } 640.326$$

Berdasarkan perhitungan di peroleh nilai cost slope

( $C_s$ ) pada pekerjaan rangka atap adalah Rp 640.326. Dari nilai cost slope ( $C_s$ ) dapat dilihat bahwa tambahan biaya rata-rata yang timbul akibat percepatan durasi pada pekerjaan rangka atap adalah 2,23% dari biaya normalnya.

#### 4.7 Validasi Model

Validasi dilakukan dengan membandingkan data dari pengembangan model dengan data dari validasi model yang didapat. Perhitungan validasi model unuk pekerjaan rangka atap dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Perhitungan validasi model**

Proyek	Y Data(Rp)	Y Model (Rp)	Error (Rp)	%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
R1	26.820.000	28.727.011	(1.907.011)	7%
R2	24.840.000	28.727.011	(3.887.011)	14%
R3	27.040.000	28.727.011	(1.687.011)	6%
R4	28.727.011	28.727.011	(0)	0%
R5	25.688.000	28.727.011	(3.039.011)	11%
R6	28.000.000	28.727.011	(727.011)	3%
R7	27.612.900	28.727.011	(1.114.111)	4%
R8	21.476.700	28.727.011	(7.250.311)	25%
R9	26.590.200	28.727.011	(2.136.811)	7%
R10	22.984.000	28.727.011	(5.743.011)	20%
				10%

Nilai Y data adalah nilai yang diperoleh dari data biaya normal untuk mengembangkan model yang dibandingkan dengan nilai Y yang diperoleh dari data validasi model. Dari Tabel 1 diatas diketahui bahwa error model untuk pekerjaan rangka atap adalah 10%.

#### 5. Kesimpulan

1. Pengolahan data untuk mengembangkan model *time-cost trade-off* sebanyak 40 data menunjukkan adanya tambahan biaya pelaksanaan akibat percepatan durasi.
2. Pada pekerjaan rangka atap dapat dilakukan percepatan sebesar 40% dari durasi normalnya.
3. Dari model *time-cost trade-off* yang dihasilkan, biaya tambahan maksimum yang timbul akibat percepatan durasi pada pekerjaan rangka atap adalah 9,32% dari biaya normal dengan biaya tambahan per hari sebesar 2,33% dari biaya normal.
4. Dari 10 data yang digunakan untuk validasi model, persentase error model untuk pekerjaan rangka atap adalah 10%.

#### 6. Daftar pustaka

- [1] Ervianto, W. I., 2005, Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Revisi, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [2] Fachrurrazi, 'Time-Cost Trade-Off The Beam Activity', Jurnal Teknik Sipil, No. 1, Vol. 7, Mei 2018.

- [3] Nurhayati, 2010, Manajemen Proyek, Edisi Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [4] Dimiyati, A. H, dan Nurjaman, K., 2014, Manajemen Proyek, Cv Pustaka Setia, Bandung.
- [5] Tisnawan, R. dan Saiful Hadi, 2016, 'Analisis Produktivitas Tenaga Kerja dan Biaya Pada Pekerjaan Pasangan Rangka Atap Pada Pembanguna Perumahan Panam View Tipe 48', Jurnal RAB Construction Research, No. 2, Vol. 1, Desember 2016.
- [6] Buluatie, N., 'Optimalisasi Biaya dan Waktu Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Revitalisasi Gedung BPS Kota Gorontalo', Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, No.1, Vol.1, Juli 2013.
- [7] Ebeltagi, E., 2009, Lecture Notes on Construction Project Management, Mansoura University, Egypt.
- [8] Irianto, A., 2004, Statistik Konsep Dasar dan Aplikasinya, Penerbit Prenada Media, Jakarta Timur.
- [9] Sugiyono, 2006, Statistika Untuk Penelitian, Alfabeta, Bandung.
- [10] Arikunto, S., 2006, Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik, Penerbit PT. Rineka Cipta, Jakarta