

Analisa Time Cost Trade Off pada Proyek Pasar Sentral Gadang Malang

Ardien Aslam Muhammad dan Retno Indriyani

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

e-mail: retno_i@ce.its.ac.id

Abstrak.Proyek Pembangunan Pasar Sentral Gadang akan dilaksanakan di lahan eks. Terminal Gadang serta pasar eksisting dengan merelokasi padagang ke Tempat Penampungan Sementara (TPS) yang telah ditentukan. Pekerjaan struktur pada proyek yang dimulai pada Juli 2014 ini ditargetkan selesai dalam 8 bulan, yaitu pada Maret 2015. Jangka waktu tersebut cukup lama sehingga sangat memungkinkan untuk dilakukan percepatan. Metode yang digunakan untuk melakukan percepatan adalah analisa Time Cost Trade Off. Percepatan dapat dilakukan dengan penambahan jam kerja, tenaga kerja, dan meningkatkan produktivitas alat. Dengan melakukan langkah-langkah kompresi jalur kritis dari network diagram maka pengurangan durasi yang paling optimum dapat dicari. Dari hasil penelitian, dapat diketahui durasi optimal proyek sebesar 204 hari dengan biaya total sebesar Rp61.288.168.724. Dibandingkan dengan jadwal normal selama 230 hari dan biaya sebesar Rp61.443.954.427, proyek tersebut dapat dipercepat 26 hari dan menghemat biaya sebesar Rp155.785.703.

Kata Kunci : biaya, durasi, optimal, percepatan, pasar.

I. PENDAHULUAN

Proyek pembangunan “Pasar Sentral Gadang” yang berlokasi di Malang ini dibangun oleh PT. Pembangunan Perumahan (PP) sebagai pelaksana pekerjaan struktur, dan PT. Patra Berkah Itqoni (PBI) sebagai investor. Dengan nilai kontrak pekerjaan struktur sebesar Rp. 59.864.237.760,- diatas lahan seluas 18.706 m², pembangunan “Pasar Sentral Gadang” akan ditujukan untuk memberikan wadah yang lebih teratur untuk para pedagang dan pembeli, dan meningkatkan daya saing pasar tradisional agar mampu mengimbangi pasar modern.

Pihak pemilik ingin agar pembangunan pasar induk ini selesai dengan waktu relatif cepat, harapannya Pasar Sentral Gadang dapat segera dioperasikan sehingga pengembalian investasi dari pembangunan pasar induk ini juga lebih cepat tercapai. Konsekuensi dengan adanya percepatan penyelesaian pembangunan ini adalah adanya pertambahan biaya langsung yang juga akan mempengaruhi besarnya keuntungan dari penanaman modal pembangunan pasar induk baru ini. Oleh karena itu maka akan diperlukan analisa terhadap waktu dan biaya dengan analisa pertukaran waktu dan biaya *Time Cost Trade Off (TCTO)*.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan Analisa Time Cost Trade Off pada Proyek Pasar Sentral Gadang Malang sehingga didapatkan pengurangan durasi dan penamabahan biaya yang paling optimum.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penjadwalan proyek merupakan 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 progres waktu untuk penyelesaian proyek [1].

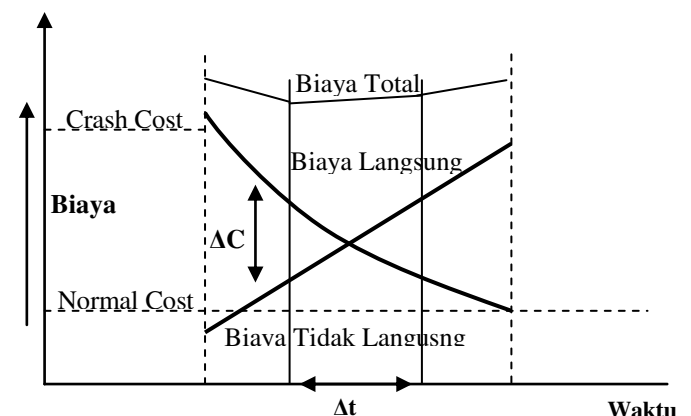
Metode Preseden Diagram (PDM) adalah node yang umumnya berbentuk segi empat, sedangkan untuk anak panahnya hanya sebagai penunjuk hubungan berbagai kegiatan yang bersangkutan [2].

Time cost trade off adalah suatu proses yang disengaja, sistematis dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis [3].

A. Jenis-jenis biaya pada proyek

1. Biaya langsung (*Direct Cost*) untuk proyek termasuk biaya langsung untuk tenaga kerja (menggaji buruh, mandor, pekerja), material dan bahan yang diperlukan, serta biaya untuk pemakaian peralatan yang mempunyai hubungan erat dengan aktifitas proyek. Biaya langsung dari suatu proyek jumlah total dari tiap aktifitas.

2. Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*) antara lain biaya tetap proyek yang meliputi biaya sewa traktor, sewa diesel listrik, ongkos jaga malam/keamanan, depresiasi alat-alat, bunga bank dan sebagainya.



Gambar 1. Grafik Hubungan Antara Waktu dan Biaya[4]

. Cara yang digunakan adalah meninjau *slope* (kemiringan) dari setiap segmen garis yang dapat memberikan identifikasi mengenai pengaruh biaya terhadap pengurangan waktu penyelesaian proyek.[2]

B. Penyusunan Network Planning dengan Metode Preseden Diagram(PDM)

Schedule proyek yang didapatkan berupa diagram balok, sehingga untuk menjadikannya sebuah *Network*

Diagram harus dilakukan beberapa langkah untuk menyusunnya antara lain [2]:

- a. Identifikasi lingkup proyek dan menguraikannya menjadi komponen-komponen kegiatan.
- b. Menyusun komponen-komponen kegiatan sesuai dengan urutan logika ketergantungan menjadi jaringan kerja.
- c. Memberikan perkiraan kurun waktu masing-masing pekerjaan.
- d. Identifikasi jalur kritis, float, dan kurun waktu penyelesaian proyek.
- e. Meningkatkan daya guna dan hasil guna pemakaian sumber daya.

| Nomor Urut | | | |
|------------|---------------|-------------|----|
| ES | Nama Kegiatan | Kurun Waktu | EF |
| LS | | | LF |

Gambar 2. Denah Node PDM

C. Cara-cara Mempercepat Durasi

Adapun cara-cara yang dilakukan untuk melakukan percepatan durasi terhadap kegiatan-kegiatan dalam proyek yaitu[1]:

1. Mengadakan shift pekerjaan.
2. Menambah jam kerja atau waktu lembur.
3. Menggunakan alat bantu yang lebih produktif.
4. Menambah jumlah tenaga kerja.
5. Menggunakan material yang lebih cepat pemasangannya.
6. Menggunakan metode konstruksi yang lebih cepat.

D. Penerapan Analisa Pertukaran Biaya dan Waktu

Dalam proses mempercepat penyelesaian proyek dengan melakukan penekanan waktu aktifitas, diusahakan agar pertambahan biaya yang ditimbulkan seminimal mungkin. Disamping itu harus diperhatikan pula bahwa penekanannya hanya dilakukan pada aktifitas-aktifitas yang ada pada lintasan kritis.

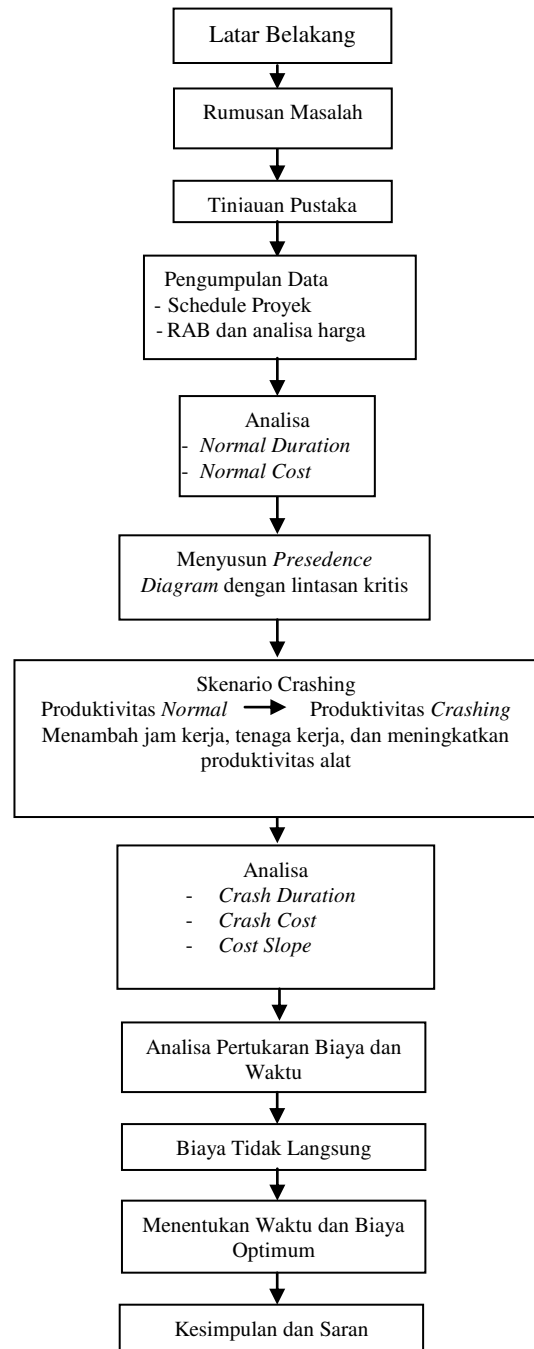
Selanjutnya langkah-langkah kompresi dapat dituliskan sebagai berikut:

1. Penyusunan jaringan kerja proyek dengan menuliskan *cost slope* dari masing-masing kegiatan.
2. Kompresi pada aktifitas yang berada pada lintasan kritis dan mempunyai *cost slope* terendah dengan menggunakan konstrain *finish to start* secara manual.
3. Penyusunan kembali jaringan kerja proyek.
4. Mengulangi langkah kedua, langkah kedua akan berhenti bila terjadi pertambahan lintasan kritis dan bila terdapat lebih dari satu lintasan kritis, maka langkah kedua dilakukan dengan serentak pada semua lintasan kritis dan perhitungan *cost slope*-nya dijumlahkan.
5. Mengentikan langkah kompresi bila terdapat salah satu lintasan kritis dimana aktivitas-aktivitasnya telah jenuh seluruhnya (tidak mungkin ditekan lagi) sehingga pengendalian biaya telah optimal.

III. METODOLOGI

A. Langkah Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

B. Data

Data-data yang diperlukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah :

- a. *Normal Duration* (durasi normal)

Durasi normal proyek diperlukan untuk mengetahui waktu yang diperlukan dalam menyelesaikan proyek dan jadwal masing-masing aktifitas pekerjaan di lapangan yang didapatkan dari Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

b. *Normal Cost* (biaya normal)

Biaya normal didapat dari biaya tiap-tiap aktifitas, harga satuan, upah dan sewa peralatan yang didapatkan dari *Bill of Quantity* (BQ).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hubungan antar aktifitas

Mengingat pekerjaan yang ditinjau hanya pekerjaan strukur saja, maka untuk mempermudah penyusunan *precedence diagram* dibuat pengelompokan pekerjaan untuk tiap-tiap lantai

Pengelompokan pekerjaan dibuat berdasarkan peerjaan pada setiap lantai sesuai yang tercantum pada *schedule* proyek dan Rencana Anggaran Biaya. Sedangkan untuk menentukan keterkaitan antar aktifitas, penyusunan logika menggunakan *schedule* proyek yang ada. Misalnya, untuk pekerjaan pilecap harus menunggu pekerjaan pemotongan kepala tiang dan lantai kerja selesai terlebih dahulu lalu pekerjaan pilecap dapat dimulai. Hubungan antar aktifitas dan durasi pada proyek yang ditinjau dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hubungan Antar Aktifitas

| No | Item Pekerjaan | Durasi | Kode | Predecessor |
|----|---------------------------|--------|------|------------------------------|
| A | PERSIAPAN | | | |
| B | PEKERJAAN STRUKTUR | | | |
| A | Pondasi | | | |
| 1 | Pekerjaan galian | 65 | A | - |
| 2 | Pemotongan Kepala Tiang | 65 | B | A(SS) |
| 3 | Urugan Pasir | 71 | C | A(SS) |
| 4 | Lantai Kerja | 71 | D | A(SS) |
| 5 | Pilecap | 72 | E | B(FS-55), C(FS-62), D(FS-62) |
| 6 | Pekerjaan Sloof | 66 | F | E(SS+7) |
| 7 | Urugan Tanah | 66 | G | F(SS+7) |
| 8 | GWT | 54 | H | A(FS-20) |
| B | Struktur GF | | | |
| 9 | Plat | 48 | I | G(FS-42), H(FS-48) |
| 10 | Kolom | 66 | J | I(SS) |
| 11 | Tangga | 70 | K | J(FS-56) |
| C | Struktur Lantai 1 | | | |
| 12 | Balok | 70 | L | J(FS-49) |
| 13 | Plat | 76 | M | I(FS-28), L(SS) |
| 14 | Kolom | 64 | N | J(FS-42), M(SS+7) |
| 15 | Tangga | 69 | O | K(FS-46), N(SS+21) |
| D | Struktur Lantai 2 | | | |

Lanjutan Tabel 1 Hubungan Antar Aktifitas

| No | Item Pekerjaan | Durasi | Kode | Predecessor |
|----|--------------------------|--------|------|--------------------|
| 16 | Balok | 75 | P | L(SS+21), N(SS+14) |
| 17 | Plat | 75 | Q | M(SS+18), P(SS) |
| 18 | Kolom | 63 | R | N(SS+28), Q(SS+14) |
| 19 | Tangga | 69 | S | O(SS+14), R(SS+7) |
| E | Struktur Lantai 3 | | | |
| 20 | Balok | 69 | T | P(SS+21), R(SS+7) |
| 21 | Plat | 75 | U | Q(SS+21), T(SS) |
| 22 | Tangga | 18 | V | S(FS-7), W(FS-20) |
| F | Struktur Atap | | | |
| 23 | Kolom Atap | 74 | W | R(SS+14), U(SS+7) |
| 24 | Pekerjaan atap | 53 | X | V(FS-28) |
| 25 | Pekerjaan ring balk | 46 | Y | T(SS+7), W(SS) |

Ket : SS = Start to start FF = Finish to finish
FS = Finish to start

B. Perhitungan Crash Duration dan Crash Cost

Dari skenario crashing dilakukan tahap – tahap crashing sebagai berikut :

- Perhitungan crashing dengan alternatif a, penambahan jam kerja lembur (5 jam) untuk pekerjaan pembesian pilecap
 - Volume = 90422,54 kg
 - Durasi normal = 28 hari
 - Produktifitas normal = $\frac{Volume}{Durasi} = 3.229,38 \text{ kg/hari} = 403,67 \text{ kg/jam}$
 - Produktifitas setelah crash :
= (Jam kerja normal x prod. Normal) + (jam kerja lembur x prod. Normal x efisiensi)
= (8 jam x 403,67 kg/jam) + (5 jam x 403,67 kg/jam x 85,91%)
= 4.693,35 kg
 - Crash duration = $\frac{Volume}{Produktifitas \text{ crash}} = \frac{90422,54 \text{ Kg}}{4.693,35 \text{ Kg/hari}} = 19 \text{ hari}$
 - Upah pekerja jam normal = Rp 2.363.904,-/hari
 - Upah kerja lembur/hari untuk 5 jam =
 - Mandor = Rp 116.258,-
 - Kepala tukang = Rp 180.845,-
 - Tukang besi = Rp 1.017.254,-
 - Buruh semi terampil = Rp 1.469.366,-
 - Total = Rp 2.783.723,-
 - Total upah kerja/ hari = Upah jam normal + Upah lembur
= Rp 5.147.626,-/ hari
 - Total upah kerja (18 hari) = Rp 97.804.895,-
 - Harga satuan bahan = Rp 10.227,-
 - Harga satuan alat = Rp 35,-
 - Crash cost untuk pekerjaan pembesian Pilecap = ((Harga satuan bahan + harga satuan alat) x Volume) + Total upah kerja

= Rp 1.025.721.008,-

2. Perhitungan crashing dengan alternatif b, penambahan tenaga kerja untuk pekerjaan bekisting pilecap

- Volume = 1417,43 m²
- Durasi = 32 hari
- Produktifitas = 44,29 m²/hari

Dengan jumlah tenaga sebagai berikut :

| | |
|---|-----------------------|
| Penambahan tenaga kerja (Dibutuhkan) | (Penambahan) |
| Mandor = 2,6 orang | 1 orang |
| Kepala tukang kayu = 15 orang | 6 orang |
| Tukang kayu = 146 orang | 55 orang |
| Pekerja/ buruh tak terampil = 133 orang | 50 orang |
| Total Pekerja | 296 orang / 112 orang |

Produktifitas grup tambahan

= Jumlah koef pekerja (hspk) x Jumlah penambahan tenaga kerja

= 6,69 x 112 = 60,96 m²/hari

- Produktifitas setelah crashing
- = (produktifitas pekerja normal + produktifitas pekerja tambahan)

- Crash Duration = $\frac{Volume}{Produktifitas\ setelah\ crashing}$
= 24 hari

- Upah pekerja normal/hari = Rp 844.786,-
- Upah pekerja tambah/hari = Rp 7.207.500,-
- Harga satuan bahan = Rp 49.380,-
- Crash cost untuk pekerjaan bekisting pilecap = ((Harga satuan bahan + alat) x volume) + (upah pekerja normal + upah pekerja tambah) x Durasi crash)
- = Rp 311.306.603,-

3. Perhitungan crashing dengan alternatif c, penambahan kapasitas alat untuk pekerjaan pengecoran pilecap

- Volume = 614,09 m³
- Durasi = 22 hari
- Produktifitas harian = $\frac{Volume}{Durasi\ Normal}$

= 27,913 m³/hari dengan jumlah mixer 4 buah (masing – masing berkapasitas 8 m³)

- Dilakukan penambahan kapasitas = Penambahan-kapasitas + Total koef. Hspk untuk pekerjaan beton = 12 m³/hari

- Produktifitas setelah crashing = Prod. Harian + kapasitas-tambahan = 39,9132 m³/hari

- Crash duration = $\frac{Volume}{Prod.\ setelah\ crashing}$ = 15,39 = 16 hari

- Total kebutuhan truk mixer setelah crashing = $\frac{Produktifitas\ baru}{Kapasitas\ truk\ mixer} = \frac{39,9132\ m^3}{8\ m^3} = 5\ buah$

- Harga sewa truk mixer tambahan = Rp 600.000/8m³ = Rp 75.000,-/m³

- Harga satuan upah = Rp 71.280/m³

- Harga satuan biaya bahan = Rp 846.450/ m³

- Total crash cost pekerjaan cor pile cap = ((harga satuan upah + harga satuan biaya bahan) x volume) + ((produktifitas crashing – produktifitas

normal) x harga sewa truck mixer per m³) x crash duration)

= ((Rp 71.280/ m³ + Rp 846.450/ m³) x 614,09 m³) + ((39,9132 m³ - 27,913 m³) x Rp 75.000,-) x 16 hari = Rp 614.444.589,-

D. Perhitungan Cost Slope

Cost Slope merupakan perbandingan antara pertambahan biaya dan percepatan waktu penyelesaian proyek yang dihitung dari hasil pengurangan antar biaya crashing (*Crash Cost*) dengan biaya normal proyek (*Normal Cost*) lalu dibagi dengan hasil pengurangan antar durasi normal (*Normal Duration*) dengan durasi percepatan (*Crash Duration*).

Berikut perumusan *cost slope* :

$Cost\ Slope = \frac{Crash\ Cost - Normal\ Cost}{Normal\ Duration - Crash\ Duration} = \frac{CC - NC}{ND - CD}$

Dimana :

- Crash Cost : Biaya proyek yang dipercepat
- Normal Cost : Biaya normal proyek
- Normal Duration : Durasi normal proyek
- Crash Duration : Durasi proyek yang dipercepat

Contoh perhitungan cost slope :

Pekerjaan pembesian pilecap dengan alternatif penambahan jam kerja lembur (5 jam)

- Normal Duration : 28 hari
- Normal Cost : Rp 994.105.412
- Crash Duration : 19 hari
- Crash Cost : Rp 1.025.721.008,-
- Cost Slope :

$\frac{CC - NC}{ND - CD} = \frac{Rp\ 1.025.721.008 - Rp\ 994.105.412}{28\ hari - 19\ hari} = Rp\ 3.512.844,-$

E. Biaya Tak Langsung Proyek

Dalam proyek ini, biaya tak langsung terdiri dari fixed cost dan variabel cost. Dimana biaya yang termasuk dalam fixed cost antara lain adalah biaya resiko kerusakan, asuransi pekerjaan, biaya pengadaan fasilitas sementara, dll. Sedangkan biaya – biaya yang termasuk dalam variabel cost adalah biaya overhead. Biaya overhead adalah seluruh biaya untuk fasilitas tenaga perencana, pelaksana dan pekerja. Perhitungan biaya tak langsung dapat dilihat pada tabel 3 Biaya Tak Langsung.

Tabel 3 Biaya Tak Langsung Variabel

| No. | Deskripsi Pekerjaan | Vol. | Sat | Biaya/ bln |
|-----|-----------------------|------|-------|---------------|
| | | | | Rp. |
| I | Overhead Kantor | | | |
| 1 | Project Manager | 1 | orang | Rp 18.000.000 |
| 2 | Quality Control | 1 | orang | Rp 8.000.000 |
| 3 | Safety Officer | 1 | orang | Rp 8.000.000 |
| 4 | Site Engineer Manager | 1 | orang | Rp 12.000.000 |
| 5 | Pop | 1 | orang | Rp 8.000.000 |
| 6 | Staff Teknik | 1 | orang | Rp 5.100.000 |

Lanjutan Tabel 3 Biaya Tak Langsung Variabel

| | | | | |
|------------|---------------------------|------|-------|----------------|
| 7 | Drafter | 1 | orang | Rp 3.500.000 |
| 8 | Logistik | 1 | orang | Rp 4.500.000 |
| No. | Deskripsi Pekerjaan | Vol. | Sat | Biaya/ bln |
| | | | | Rp. |
| 9 | Staff Logistik | 1 | orang | Rp 3.200.000 |
| 10 | Site Operationa l Manager | 1 | orang | Rp 12.000.000 |
| 11 | SP | 2 | orang | Rp 6.000.000 |
| 12 | Survey | 1 | orang | Rp 5.800.000 |
| 13 | Ass. Survey | 1 | orang | Rp 3.500.000 |
| 14 | Site Adm Manager | 1 | orang | Rp 12.000.000 |
| 15 | Umum | 1 | orang | Rp 6.000.000 |
| 16 | OB | 2 | orang | Rp 5.400.000 |
| 17 | Security | 2 | orang | Rp 6.600.000 |
| 18 | Driver | 2 | orang | Rp 7.000.000 |
| Total/ bln | | | | Rp 134.600.000 |

| | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|----|-------|---------------|
| II Overhead lapangan | | | | |
| 1 | Kantor | 1 | bulan | Rp 54.850.000 |
| a. | Internet | | | Rp 350.000 |
| b. | Listrik | | | Rp 2.000.000 |
| c. | Air | | | Rp 300.000 |
| d. | Telp. Kantor | | | Rp 600.000 |
| e. | Makan Siang | 22 | orang | Rp 28.600.000 |
| d. | Pulsa Telepon @100.000/ bulan | 22 | orang | Rp 22.000.000 |
| e. | Print | 1 | | Rp 1.000.000 |
| 2 | Mess Pekerja | 1 | bulan | Rp 1.200.000 |
| a. | Listrik | | | Rp 700.000 |
| b. | Air | | | Rp 400.000 |
| c. | Telp | | | Rp 100.000 |
| 3 | Asuransi pekerja | 1 | bulan | Rp 2.500.000 |
| Total/bln | | | | Rp 58.550.000 |
| Tot. Overhead/hr | | | | Rp 6.438.333 |

Tabel 4 Biaya Tak Langsung Tetap

| | | | | | |
|----|---------------------------------|------|------------|--------------|--------------|
| No | Deskripsi Pekerjaan | Vo l | Sat | Biaya | Total Biaya |
| | | | | Rp. | Rp. |
| | Overhead Lapangan | | | | |
| 1 | Sewa ruko untuk kantor | 2 | thn | Rp22.500.000 | Rp45.000.000 |
| 2 | Sewa rumah untuk mess | 1 | thn | Rp25.000.000 | Rp25.000.000 |
| 3 | Sewa rumah untuk mandor& tukang | 5 | rmlh/tahun | Rp 4.000.000 | Rp20.000.000 |
| 4 | Rapat dengan owner | 32 | rapat | Rp 200.000 | Rp 6.400.000 |
| 5 | Peralatan yang terbuang | 1 | | | Rp 2.500.000 |

| | |
|---|--------------|
| Total Biaya Tak Langsung Tetap (Fixed Cost) | Rp98.900.000 |
|---|--------------|

F. Analisa Biaya dan Waktu Proyek

Sebelum menentukan biaya dan waktu Optimum, harus dilakukan iterasi terlebih dahulu yang dimulai dengan mengetahui berapa *cost slope* terendah pada lintasan kritis dengan waktu normal, proses iterasi dapat berhenti jika semua lintasan pada network diagram telah jenuh atau tidak dapat di crashing lagi.

Berikut adalah lintasan-lintasan beserta durasinya yang didapat dari network diagram pekerjaan struktur:

1. A-B-E-F-G-I-J-K-O-S-V-X = 229 hari
2. A-B-E-F-G-I-M-N-R-W-Y-X = 229 hari
3. A-B-E-F-G-I-J-L-P-T-Y-X = 229 hari
4. A-B-E-F-G-I-J-N-O-S-V-X = 230 hari (*kritis*)
5. A-B-E-F-G-I-M-Q-U-W-V-X = 226 hari

Pada lintasan-lintasan tersebut diatas didapatkan lintasan kritis yang merupakan lintasan dengan durasi terbesar yaitu lintasan 4. Pada iterasi yang akan dilakukan, lintasan ini tidak boleh memiliki durasi lebih rendah daripada lintasan-lintasan lain.

Pada lintasan kritis tersebut didapatkan item pekerjaan dengan *cost slope* terendah yaitu pekerjaan dengan kode S yaitu pekerjaan tangga struktur lantai 2. Pada pekerjaan ini terdapat 3 sub pekerjaan yaitu pekerjaan pembesian, pembekistingan, dan cor. Pekerjaan cor sendiri merupakan sub pekerjaan yang memiliki *cost slope* terendah yaitu sebesar Rp17.013,-/ hari.

Lintasan yang memiliki kode pekerjaan S yakni lintasan 1 dan 4, maka pekerjaan S dalam iterasi pertama ini hanya dapat di crashing sebanyak 1 hari, karena lintasan kritis tidak boleh memiliki durasi yang lebih kecil dari lintasan lainnya.

Dari analisa diatas maka dapat diputuskan bahwa crashing 1 hari untuk pekerjaan S dapat dilakukan sehingga didapatkan lintasan dengan durasi baru sebagai berikut

1. A-B-E-F-G-I-J-K-O-S-V-X = 228 hari
2. A-B-E-F-G-I-M-N-R-W-Y-X = 229 hari (*kritis*)
3. A-B-E-F-G-I-J-L-P-T-Y-X = 229 hari (*kritis*)
4. A-B-E-F-G-I-J-N-O-S-V-X = 229 hari (*kritis*)
5. A-B-E-F-G-I-M-Q-U-W-V-X = 226 hari

Pada lintasan yang telah diiterasi tersebut diatas didapatkan lintasan kritis baru yaitu pada lintasan nomor 2 dan 3, cara yang sama dilakukan hingga lintasan-lintasan tersebut telah jenuh atau tidak bisa dilakukan crashing lagi.

Lintasan-lintasan tersebut dapat dikatakan telah jenuh apabila item pekerjaan yang perlu dilakukan crashing telah mencapai batas durasi yang diizinkan. Contoh pada iterasi ke-23 sampai 26 (lihat tabel iterasi pada lampiran 6), bahwa pada iterasi ke-23 durasi ijin untuk aktivitas dengan kode V dan I adalah 5 dan 4 hari, setelah dilakukan 4 kali iterasi dengan melakukan crashing masing-masing aktivitas 1 hari untuk 1 iterasi, sehingga aktivitas dengan kode V memiliki sisa durasi ijin 1 hari dan I dengan sisa 0 hari(lihat iterasi ke-26). Karena aktivitas lain pun sudah tidak bisa di crashing maka lintasan tersebut sudah dapat dikatakan jenuh dan proses iterasi dapat diakhiri dengan hasil durasi baru yaitu 204 hari pada lintasan kritis.

G. Penentuan Waktu dan Biaya Proyek

Dari hasil iterasi pada langkah sebelumnya, didapatkan total durasi pemampatan sebesar 26 hari. Sedangkan nilai *cost slope* adalah sebesar Rp. 11.610.964,- yang didapatkan dari 1 hari crashing pekerjaan kode S, 3

hari crashing kombinasi pekerjaan kode W dan I, 10 hari crashing kombinasi pekerjaan kode W dan J, ditambah 3 hari crashing kombinasi pekerjaan kode Y dan S, ditambah 3 hari crashing kombinasi pekerjaan kode S, W, dan Y ditambah 2 kali iterasi dengan crashing kombinasi pekerjaan S, W, dan Y1, ditambah 4 kali iterasi dengan crashing kombinasi pekerjaan V dan Y1

Berikut adalah nilai cost slope per hari dari tiap pekerjaan yang dilakukan crashing :

1. Pek. Cor tangga lantai 2 (S) = Rp17.013,-
2. Pek. Cor kolom atap (W) = Rp22.222,-
3. Pek. Rabat beton plat GF (I) = Rp22.611,-
4. Pek. Cor kolom GF (J) = Rp153.000,-
5. Pek. Cor Ring balk (Y) = Rp300.000,-
6. Pek. Cor tangga lantai 3 (V) = Rp144.000,-
7. Pek. Pembesian Ring balk (Y1) = Rp1.076.669,-

Sedangkan nilai cost slope kombinasi adalah sebagai berikut :

1. W dan I = Rp 22.222 + Rp 22.611 = Rp44.833,-
2. W dan J = Rp22.222 + Rp153.000 = Rp175.222,-
3. Y dan S = Rp 17.013 + Rp 300.000 = Rp317.013,-
4. S, W, dan Y = Rp17.013 + Rp22.222 + Rp 300.000 = Rp 339.235,-
5. S, W, dan Y1 = Rp17.013 + Rp22.222 + Rp 1.076.669 = Rp 1.115.904,-
6. V dan Y1 = Rp300.000 + Rp 144.000 + Rp 1.076.669 = Rp 1.376.669,-

Jadi perhitungan biaya pada nilai total biaya dan waktu adalah sebagai berikut :

Durasi setelah crashing = 230 – 26 = 204 hari
 Penambahan biaya cost slope
 = Rp17.013(1) + Rp44.833(3) + Rp175.222(10) + Rp317.013(3) + Rp339.235 (3) + Rp1.115.904 (2) + 1.376.669 (4)
 = Rp 11.610.964,-

Maka didapat total biaya langsung dari,
 = Rp59.864.237.760,- + Rp11.610.964,- = Rp 59.875.848.724,-

Biaya tak langsung proyek adalah sebesar Rp 6.438.333/ hari dan fixed cost Rp 98.900.000,- Hal ini menunjukkan bahwa setiap kali proyek berkurang 1 hari pelaksanaan, maka biaya tak langsung juga berkurang 1 hari.

Durasi yang memberikan total biaya terendah (durasi optimum) adalah 204 hari. Perhitungan biaya tak langsung adalah sebagai berikut:

= Biaya tak langsung (230 hari) – biaya tak langsung (26 hari)

= Rp 1.480.816.667 – Rp 167.396.667 = Rp 1.313.420.000,-

Sehingga total biayanya adalah :

Total biaya = Biaya langsung (204 hari) + biaya tak-langsung (204 hari) + fixed cost
 = Rp 59.875.848.724 + Rp 1.313.420.000 + Rp 98.900.000
 = Rp 61.288.168.724,-

Dari hasil perhitungan analisa biaya dan waktu maka didapatkan perbandingan kurva biaya langsung, biaya tak langsung, dan biaya total yang dapat digunakan untuk mencari biaya dan waktu yang paling optimum (lihat tabel 5).

Tabel 5. Total Biaya

| Durasi (hari) | Cost Slope | Direct Cost | Indirect Cost | | Total Cost |
|---------------|-------------|------------------|---------------|-----------------------|------------------|
| | | | (fixed cost) | (Variabel Cost)/ hari | |
| 230 | | Rp59.864.237.760 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.443.954.427 |
| 229 | Rp17.013 | Rp59.864.254.773 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.437.533.107 |
| 228 | Rp44.833 | Rp59.864.299.606 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.431.139.606 |
| 227 | Rp44.833 | Rp59.864.344.439 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.424.746.106 |
| 226 | Rp44.833 | Rp59.864.389.272 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.418.352.605 |
| 225 | Rp175.222 | Rp59.864.564.494 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.412.089.494 |
| 224 | Rp175.222 | Rp59.864.739.716 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.405.826.383 |
| 223 | Rp175.222 | Rp59.864.914.939 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.399.563.272 |
| 222 | Rp175.222 | Rp59.865.090.161 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.393.300.161 |
| 221 | Rp175.222 | Rp59.865.265.383 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.387.037.050 |
| 220 | Rp175.222 | Rp59.865.440.605 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.380.773.939 |
| 219 | Rp175.222 | Rp59.865.615.828 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.374.510.828 |
| 218 | Rp175.222 | Rp59.865.791.050 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.368.247.716 |
| 217 | Rp175.222 | Rp59.865.966.272 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.361.984.605 |
| 216 | Rp175.222 | Rp59.866.141.494 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.355.721.494 |
| 215 | Rp175.222 | Rp59.866.316.716 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.349.458.383 |
| 214 | Rp175.222 | Rp59.866.491.939 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.343.195.272 |
| 213 | Rp175.222 | Rp59.866.667.161 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.336.932.161 |
| 212 | Rp339.235 | Rp59.867.042.383 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.330.669.050 |
| 211 | Rp339.235 | Rp59.867.417.605 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.324.405.939 |
| 210 | Rp339.235 | Rp59.867.792.828 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.318.142.828 |
| 209 | Rp1.115.904 | Rp59.868.168.050 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.311.879.716 |
| 208 | Rp1.115.904 | Rp59.868.543.272 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.305.616.605 |
| 207 | Rp1.376.669 | Rp59.871.718.494 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.303.353.494 |
| 206 | Rp1.376.669 | Rp59.873.093.716 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.299.090.383 |
| 205 | Rp1.376.669 | Rp59.874.468.939 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.294.827.272 |
| 204 | Rp1.376.669 | Rp59.875.844.161 | Rp98.900.000 | Rp6.438.333 | Rp61.288.564.161 |

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, dapat diketahui durasi optimum proyek sebesar 204 hari dengan biaya total sebesar Rp61.288.168.724. Dibandingkan dengan jadwal normal selama 230 hari dan biaya sebesar Rp61.443.954.427, proyek tersebut dapat dipercepat 26 hari dan menghemat biaya sebesar Rp155.785.703.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Husen, A. 2009. *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [2] Nurjaman, K. dan Dimiyati, H. 2014. *Manajemen Proyek*. Bandung: Pustaka Setia
- [3] Ervianto, W. 2004, *Teori – Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [4] Soeharto, I. 1997. *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai operasional*. Jakarta: Erlangga