

## **ANALISIS PERTUKARAN WAKTU DAN BIAYA DENGAN METODE *TIME COST TRADE OFF* (TCTO) PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG DI JAKARTA**

Oleh :  
Bagus Budi Setiawan  
*Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta*  
Trijeti  
*Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta*  
*Email: t3jeti@yahoo.co.id*

**ABSTRAK:** *Dalam pelaksanaan pembangunan proyek perlu perencanaan yang baik sehingga pelaksanaan pembangunan dapat berjalan sesuai dengan jadwal. Keterlambatan pekerjaan proyek dapat diantisipasi dengan melakukan percepatan pelaksanaan dengan mempertimbangkan faktor biaya. Salah satu metode yang dapat digunakan disebut juga dengan istilah *Time Cost Trade Off*<sup>[1]</sup> atau pertukaran waktu dan biaya. Metode ini dapat dilakukan dengan metode pelaksanaan kerja dengan menambah group kerja, menambah peralatan, dan menambah jam kerja atau lembur.*

**Kata Kunci :** *Proyek, waktu, Biaya*

**ABSTRACT:** *In the implementation of development projects need good planning so that the implementation can be run in accordance with the construction schedule. Delays in project work can be anticipated with the acceleration of the implementation by considering the cost factor. One method that can be used is also called *Time Cost Trade Off* or the exchange time and cost. This method can be carried out by the method of execution of work by increasing the working group, add equipment, and increase working hours or overtime.*

**Keywords :** *Project, Time, Cost*

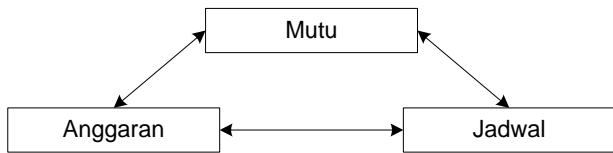
### **PENDAHULUAN**

Perkembangan pusat dunia jasa konstruksi telah ditandai dengan adanya pembangunan gedung-gedung dan fasilitas lainnya yang semakin besar dan kompleks. Hal ini merupakan peluang bisnis sekalipun tantangan bagi masyarakat dunia usaha khususnya usaha jasa konstruksi. Dalam pembangunan proyek konstruksi berbagai hal dapat terjadi yang dapat menyebabkan bertambahnya waktu pelaksanaan dan membengkaknya biaya pelaksanaan. Penyebab keterlambatan dalam proyek ini diakibatkan oleh pengaruh cuaca, kurangnya kebutuhan pekerja, suplai material yang kurang / terganggu dan peralatan yang digunakan kurang mencukupi, dan pengaruh dari pihak owner sendiri (keterlambatan supply material besi).

Ciri pokok proyek adalah : Memiliki tujuan yang khusus berupa hasil kerja akhir ; Jumlah biaya, susunan jadwal serta kriteria mutu dalam proses mencapai tujuan sudah ditentukan ; Bersifat sementara, artinya apabila proyek selesai maka sesuatu yang berhubungan proyek tersebut ikut selesai ; Non rutin, tidak berulang-ulang, jenis dan intensitas kegiatan berubah sepanjang proyek berlangsung.

Didalam proses pencapaian tujuan telah ditentukan sasaran yaitu besarnya biaya (anggaran) yang dialokasikan, jadwal kegiatan serta mutu yang harus dipenuhi.

### **LANDASAN TEORI**

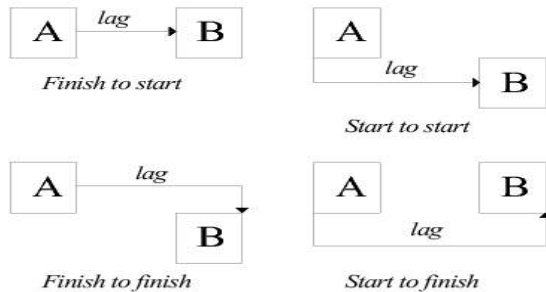


Gambar 1. Tiga sasaran proyek

Ketiga batasan tersebut bersifat tarik menarik, artinya ketiga sasaran tersebut tidak dapat dipisahkan satu sama lainnya, karena ketiga sasaran tersebut saling mempengaruhi. Dari segi teknis, ukuran keberhasilan proyek diukur sejauh mana ketiga sasaran tersebut dapat dipenuhi.

Penyusunan urutan aktifitas adalah penentuan urutan aktifitas kerja yang akan dilaksanakan pada proyek dilapangan. Urutan aktivitas ini diperlukan untuk menggambarkan hubungan antara aktifitas yang akan dikerjakan dilapangan.

Yang perlu diperhatikan dalam menyusun aktifitas : *Predecessor* yaitu aktifitas sebelum atau yang mendahului aktifitas yang bersangkutan ; *Successor / Followers* yaitu semua aktifitas sesudah atau yang terjadi setelah aktifitas yang bersangkutan ; *Concurrent* yaitu aktifitas-aktifitas yang dapat terjadi atau berlangsung bersamaan dengan aktifitas bersangkutan.



Gambar 2. Hubungan antar aktifitas proyek dapat dinyatakan dengan *finish to start*, *start to start*, *finish to finish*

Lag adalah jumlah waktu diantara mulai atau selesainya aktifitas A dan mulai atau selesainya

aktifitas B, yang dapat bernilai positif atau negative.

Durasi aktifitas adalah lamanya waktu dari permulaan sampai penyelesaian suatu aktifitas, sementara durasi proyek adalah lamanya waktu dari permulaan sampai penyelesaian suatu proyek secara keseluruhan.

Estimasi durasi dari waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan tiap-tiap aktifitas, yang telah diidentifikasi pada tahap awal, adalah fungsi dari volume pekerjaan yang harus diselsaikan dengan produktivitas kerja tiap satuan waktu.

$$Durasi = \frac{Quantity \times koefisien}{jumlah\ pekerja}$$

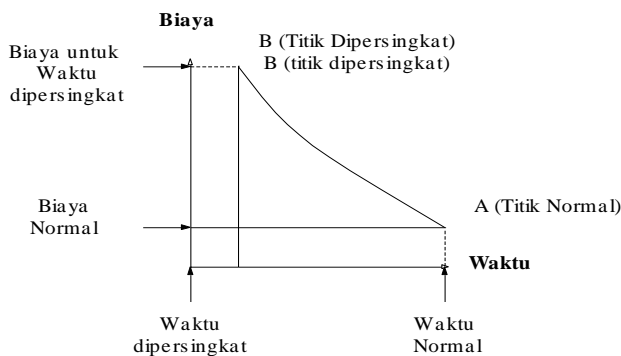
Metode Precedence diagram merupakan penyempurnaan dari CPM (*Critical Path Methode*) karena pada prinsipnya CPM hanya menggunakan satu jenis hubungan aktifitas yaitu akhir-awal dimana kegiatan dapat dimulai bila kegiatan yang dahulu telah selesai. Kegiatan dalam *Precedence Diagram Method* (PDM) digambarkan oleh sebuah lambang segi empat karena letak kegiatan ada di bagian *node* sehingga sering disebut juga *Activity On Node* (AON). Kelebihan *Precedence Diagram Method* dibandingkan dengan *Arrow Diagram* adalah : ES (*earliest start*) ; EF (*earliest finish*) ; LS (*latest allowable start*) ; LF (*latest allowable finish*) ; D (*duration*).

Tujuan utama dari program mempersingkat waktu adalah memperpendek jadwal penyelesaian kegiatan atau proyek dengan kenaikan biaya yang paling optimal / minimal. Untuk menganalisa lebih lanjut hubungan antara waktu dan biaya kegiatan dipakai definisi berikut :

- Kurun Waktu Normal adalah kurun waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan

sampai selesai, dengan cara yang efisien tetapi di luar pertimbangan adanya kerja lembur dan usaha - usaha khusus lainnya, seperti menyewa peralatan yang lebih canggih.

- Biaya Normal adalah biaya langsung yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan dengan kurun waktu normal.
- Kurun Waktu dipersingkat (*Crash Duration*) adalah waktu tersingkat untuk menyelesaikan suatu kegiatan yang secara teknis masih mungkin. Disini dianggap sumber daya bahan merupakan hambatan.
- Biaya untuk waktu dipersingkat (*Crash Cost*) adalah jumlah biaya langsung untuk menyelesaikan pekerjaan dengan kurun waktu tersingkat.



Gambar 3. Hubungan Waktu - Biaya Normal dan Biaya Dipersingkat

Dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Biaya Dipercepat} = \frac{\text{waktu normal}}{\text{Waktu dipersingkat}} \times \text{biaya normal}$$

*Slope Biaya*

$$= \frac{\text{Biaya untuk waktu dipersingkat} - \text{Biaya waktu normal}}{\text{Waktu normal} - \text{Waktu dipersingkat}}$$

Dengan kata lain pengertian dari *Cost Slope* (slope biaya) adalah pertambahan biaya langsung untuk mempercepat suatu aktivitas persatuan waktu.

Konsep *cost slope* bisa digunakan untuk menentukan waktu paling efisien untuk menyelesaikan proyek, dihubungkan dengan biayanya. Langkah - langkah untuk melakukan minimasi biaya (pada umur paling efisien) bisa ditentukan setelah jaringan kerja, perkiraan waktu didapat. Langkah - langkah tersebut adalah :

- Biaya langsung (*direct cost*) : Menentukan ongkos normal ( $C_n$ ), ongkos *crash* ( $C_c$ ), waktu normal ( $T_n$ ), dan waktu *crash* ( $T_c$ ) ; Menentukan ongkos minimal untuk pengurangan umur proyek dengan satu unit waktu (hari/minggu). Ini dilakukan untuk kegiatan - kegiatan yang berada dalam lintasan kritis dengan perwaktu minimal ; Lakukan proses yang sama untuk mengurangi umur proyek untuk unit waktu yang kedua ; Ulangi proses sampai proyek benar - benar menghasilkan selisih waktu normal dan waktu *crash* untuk pekerjaan yang kritis (berada dalam lintasan kritis)
- Biaya tidak langsung (*indirect cost*) : Tentukan ongkos tidak langsung proyek untuk waktu normal dan waktu *crash* dan untuk waktu antara keduanya.
- Ongkos total (*total cost*) : Tambahkan ongkos tidak langsung ke ongkos langsung untuk mencari ongkos total pada beberapa waktu yang ada ; Tentukan pada umur berapa biaya proyek minimal.

Kompresi hanya dilakukan pada aktifitas-aktifitas yang berada pada lintasan kritis. langkah-langkah kompresi pada suatu pekerjaan : Menyusun jaringan kerja proyek, mencari lintasan kritis dan menghitung cost slope setiap aktifitas; Melakukan kompresi pada setiap aktifitas yang berada pada lintasan kritis dan mempunyai nilai cost slope terendah; Menyusun kembali jaringan kerja; Mengulangi langkah kedua dengan berhenti jika terjadi penambahan lintasan kritis dan bila terdapat lebih dari satu lintasan kritis maka dilakukan kompresi semua

pada semua aktifitas pekerjaan dan perhitungan cost slope dijumlahkan; Langkah keempat dihentikan apabila terdapat lintasan kritis dimana aktifitas-aktifitasnya telah jenuh seluruhnya (tidak mungkin dikompres lagi sehingga akan didapat biaya yang optimum.

**PEMBAHASAN**

Data bangunan : Jumlah lantai Apartemen Tower C 26 lantai ; Luas Bangunan Lantai 8 - 27 (19 lantai) 27.225 ,10 m2 ; Lantai 28 - 32 (5 Lantai) 5.992,25m2 ; Lantai 33 (1 lantai) 672,01 m2 ; Lantai Ruang Mesin 267,28 m2 ; Total Luas Bangunan 34.156,64 m2

**Aktifitas Proyek**

- Pekerjaan Struktur Lantai 8 : Kolom (Bekisting, Pembesian, Pengecoran) ; Shearwall (Bekisting, Pembesian, Pengecoran) ; Balok,kolom separator,balok intermediate (Bekisting, Pembesian, Pengecoran) ; Tangga (Bekisting, Pembesian, Pengecoran)
- Pekerjaan Struktur Lantai 8A : Pelat & Balok (Bekisting, Pembesian, Pengecoran) ; Kolom (Bekisting, Pembesian, Pengecoran) ; Shearwall (Bekisting, Pembesian, Pengecoran) ; Balok,kolom separator,balok intermediate (Bekisting, Pembesian, Pengecoran) ; Tangga (Bekisting, Pembesian, Pengecoran)
- Pekerjaan Struktur Lantai R.Mesin : Pelat& Balok (Bekisting, Pembesian, Pengecoran) ; Kolom (Bekisting, Pembesian, Pengecoran) ; Shearwall (Bekisting, Pembesian, Pengecoran) ; Balok,kolom separator,balok intermediate (Bekisting, Pembesian, Pengecoran)
- Pekerjaan Struktur Lantai Atap : Pelat & balok (Bekisting, Pembesian, Pengecoran)

**Penentuan Network Diagram**

Berikut contoh daftar hubungan antar aktifitas dan durasi untuk lantai 8 :

Pekerjaan	Sub Pekerjaan	Kode	Durasi (hari)	Hub Logis Predc-Succ
Persiapan	Persiapan	A'	5	
Kolom	Pembesian	A	5	A' (SS+2)
	Bekisting	B	3	A (SS + 3)
	pengecoran	C	1.5	A,B (FS)
ShearWall	Pembesian	D	4	A' (SS + 2)
	Bekisting	E	1.5	D (FS)
	pengecoran	F	2	D,E (FS)
Balok,kolom separator	Bekisting	G	1	F (FS)
	Pembesian	H	1	G (FS - 1)
	pengecoran	I	0.5	G,H (FS)
Tangga	Bekisting	J	1	C (FS)
	Pembesian	K	1	K (FS - 1)
	pengecoran	L	0.5	J,K (FS)
Pelat dan balok	Bekisting	M	7	F (SS + 2)
	Pembesian	N	5.5	M (SS + 2)
	pengecoran	O	5.5	N (SS + 2)

Setelah waktu pelaksanaan dan hubungan antar aktifitas diperoleh langkah berikutnya yaitu membuat jaringan kerja dengan menggunakan Microsoft Project sehingga durasi proyek dan aktifitas kritis dapat diketahui. Dalam perhitungan durasi proyek dipakai asumsi sebagai berikut :

Jam kerja normal yang dipakai adalah 8 jam/hari ; Dalam 1 minggu dipakai 7 hari kerja.

**Perhitungan Biaya Proyek**

Untuk biaya dari keseluruhan pelaksanaan pembangunan proyek Apartemen Tower C Season City sebesar Rp.78.382.000.000. Tetapi tinjauan hanya sampai pada pekerjaan struktur utama saja terdiri dari bahan dan tenaga kerja maka didapat biaya total Rp.18.080.739.494.

Penentuan Normal Cost : Normal Cost adalah biaya langsung yang diperlukan untuk penyelesaian proyek dalam kondisi waktu normal. Biaya ini terdiri dari biaya Material,Tenaga, dan Alat. Perhitungan Biaya Bahan : Biaya Pengecoran Beton Kolom Lantai 8; Bahan Beton = Vol.pekerjaan x Harga satuan Bahan = 66.63 x 550.000 = Rp. 36.646.500.

Biaya Upah pengecoran dengan TC : Upah Beton = Vol.pekerjaan x Harga satuan upah = 66.63 x

24.000 = Rp. 1.591.200. Jadi total biaya normal untuk pengecoran (upah+bahan) adalah biaya bahan beton ditambah biaya upah cor beton  $36.646.500 + 1.591.200 = \text{Rp.}38.237.700$

**Time Crash dan Alternatif Percepatan**

- Perhitungan durasi crash dilakukan pada pekerjaan yang berada dalam lintasan kritis berdasarkan dari output Network Diagram dari program Microsoft Project. Pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis tersebut akan dilakukan percepatan dengan alternatif: Penambahan jam kerja 3 jam (kerja lembur) : Waktu kerja lembur di asumsikan rata-rata baik proyek berjalan normal atau lambat adalah 3 jam per hari; Upah pekerja untuk setiap 7 jam lembur pertama sebesar 2 kali upah sejam atau 200% dari harga upah pekerja saat normal ; Harga peralatan tidak mengalami perubahan ;Produktifitas kerja pada saat jam kerja lembur diperhitungkan 75 % dari produktifitas kerja pada saat normal untuk 3 jam pertama dan 50% untuk jam berikutnya (*informasi dari proyek*) ; Jam kerja normal 8 jam/hari, dengan 1 minggu kerja sebanyak 5 hari dan 8 jam kerja hari sabtu dan minggu.
- Penambahan pekerja pada Group Kerja : Penambahan group tenaga kerja dipakai 25% dari total group tenaga kerja yang sudah ada ; Penambahan Group kerja hanya pada pekerjaan Pembesian dan bekisting saja karena lebih efektif. Untuk pekerjaan pengecoran kurang efektif bila dilakukan penambahan tenaga kerja / group kerja dikarenakan pekerjaan pengecoran dilakukan dengan menggunakan bantuan Tower crane. Berikut pembagian group pekerja pada masing-masing pekerjaan data diambil dari informasi proyek.

Pekerjaan	Sub pekerjaan	jumlah Group	orang/group	Total pekerja
pembesian	Kolom	2	3	6
	shearwall	2	3	6
	balok/plat/tangga	2	6	12
	Jumlah			<b>24</b>
Pengecoran	kolom/balok separator/shearwall	1	3	3
	balok/plat/tangga	1	7	7
	Jumlah			<b>10</b>
Bekisting	balok/plat/tangga	2	11	22
	Kolom	1	8	8
	shearwall	1	8	8
	Jumlah			<b>38</b>

- Jam kerja normal 8 jam/hari, dengan 1 minggu kerja sebanyak 5 hari dan 8 jam kerja hari sabtu dan minggu ; Harga untuk penambahan tenaga kerja sama dengan harga normal ; Untuk kapasitas dan harga peralatan berat tidak mengalami perubahan karena diasumsikan peralatan yang dipakai merupakan peralatan bantu yang dipakai masing-masing pekerja; Penambahan group tenaga kerja hanya pada aktifitas pekerjaan yang berada pada lintasan kritis saja.
- Penambahan Kapasitas Alat : Penambahan alat Concrete Pump / Long Boom ;Harga untuk penambahan alat diambil dari harga normal yaitu didapat dari data kontraktor lapangan (termasuk harga sewa perbulan, harga BBM, harga mob demob peralatan) ; Harga satuan alat diasumsikan dihitung harian ;Penambahan kapasitas alat hanya pada aktifitas pekerjaan yang berada pada lintasan kritis saja ; Jumlah tenaga kerja tetap tidak ada penambahan ;Jam kerja sesuai jam kerja normal yaitu 8 jam/hari ; Penambahan kapasitas alat hanya pada pekerjaan pengecoran balok dan plat lantai saja; Penggunaan alat diasumsikan normal tanpa ada kendala mesin mati / rusak. Jadi dalam perhitungan tidak diperhitungkan faktor resiko dari mesin sendiri.

Dari data kegiatan normal yang sudah diolah menggunakan Microsoft Project didapat kegiatan-kegiatan yang berada pada jalur lintasan kritis adalah sebagai berikut : Pekerjaan Persiapan pada Pekerjaan Lantai 8 : Pekerjaan

pembesian shear wall ; Pekerjaan bekisting shear wall ; Pekerjaan pengecoran shear wall dan Pekerjaan Lantai 8A : Pekerjaan Bekisting Plat ; Pekerjaan Pembesian Plat ; Pekerjaan Pengecoran Plat ; Pekerjaan Pembesian shear wall ; Pekerjaan bekisting shear wall ; Pekerjaan pengecoran shear wall. Untuk pekerjaan lantai 9 – lantai R.Mesin urutan aktifitas pada lintasan kritis sama dengan pekerjaan pada setiap tahap urutan diatas : Pekerjaan Lantai Atap ; Pekerjaan Bekisting Plat ; Pekerjaan Pembesian Plat ; Pekerjaan Pengecoran Plat

Contoh Perhitungan durasi dan biaya akibat crashing :

- Pembesian Shearwall lantai 8 : a. Volume Besi Beton = 24538.44 ; b. Biaya (upah + bahan) = 840 ; c. Normal Duration = 4 ; Normal Cost = 20,612,287.82
- Crash Duration : e. Produktivitas harian (a/c) = 6134.609 ; f. produktifitas tiap jam (e/8) = 766 ; g. Produktifitas harian setelah crash (8 x f) + (3 x f x 75%) = 7851.5 ; h. Jadi Crash Time a/g = 3

#### Analisa Time Cost Trade Off (TCTO)

Penambahan jam kerja Lembur : Contoh perhitungan Crash Cost dan Cost Slope untuk alternatif 1 penambahan jam kerja lembur dilakukan berdasarkan asumsi – asumsi diatas pada pekerjaan pembesian shearwall.

- Normal Cost : a. Volume = 24.538,44 kg ; b. Upah pekerja = Rp.840 ; c. Biaya Alat = Rp.0 ; d. Durasi Normal = 4 ; e. Normal cost (a x (b+c)) = 20.612.287,82
- Crash Duration : f. Produktifitas harian (a/d) = 6134.609 ; g. Produktifitas per jam (f/8jam) = 766.83 ; h. Produktifitas harian setelah = 7859.97 ; Crash (8xg)+(3xgx0.75) ; i. Crash duration (a/h) = 3
- Crash Cost : j. Upah normal /jam (g x b.upah) = 644.133 ; k. Biaya lembur /jam (2xa) = 1.288.267.99 ; l. Crast cost /hari (8xa)+(3xbx0.75) = 8.051.674.93 ; m. Crash

cosh total (i x l) = 24.155.024.79 ; n. Cost slope (m-e)/(d-i) = 3.542.736.97

Penambahan Grup Kerja : Contoh perhitungan Crash Cost dan Cost Slope untuk alternatif 2 penambahan group kerja dilakukan berdasarkan asumsi – asumsi diatas pada pekerjaan pembesian shearwall.

- Normal Cost : a. Volume = 24.538,44 kg ; b. Upah pekerja = Rp.840 ; c. Biaya Alat = Rp.00 ; d. Durasi Normal = 4 ; e. Normal cost (a x (b+c)) = 20.612.287,82 ; f. Jumlah orang/group = 2 group (± 6 orang)
- Crash Duration : g. Produktifitas harian (a/d) = 6134.609 ; h. Penambahan pekerja kerja 25% dari group = 0,5 group (asumsi ± 2 orang) ; i. Produktifitas penambahan kapasitas (g+(g/f) = 9201.95 ; ; j. Crash duration (a/i) = 2.6 ~ 3
- Crash Cost : k. Upah setelah penambahan/ hari (i x b.upah) = 7.729.607.93 ; l. Total Crash (e + (b x i)) cost = 23.188.823.8 ; Cost slope (l-e)/(d-j) = 2.576.535.98

Penambahan kapasitas alat : Alternatif yang ke 3 adalah dengan menambah kapasitas alat bantu kerja. Untuk penambahan alat bantu yang memungkinkan hanya pada pekerjaan pengecoran dan pembesian yaitu dengan penambahan Long Boom Concrete Pump atau dilapangan dikenal pompa Kodok .

Berikut perhitungan proporsional jumlah total peralatan yang akan dipakai pada pekerjaan struktur : Total Nilai Kontrak Struktur dan Arsitektur : 78.382.000.000 ; Total Pekerjaan Struktur yang ditinjau : 18.080.739.494 ; Prosentase pekerjaan struktur Terhadap kontrak : 0.23 % ; Total Pekerjaan persiapan : 8.665.020.000 ; Total pekerjaan peralatan Struktur dan arsitektur : 3.797.840.000 ; Jadi total peralatan struktur : 873.503.200 ; Total asumsi yang digunakan tiap lantai : 33.596.000

Untuk perhitungan penambahan peralatan concrete pump mengacu asumsi data yang

didapat dari proyek sbb : a. Sewa Concrete Pump per bulan : 55.000.000 ; b. Mobilisasi dan demobilisasi : 5.000.000 ; c. Kapasitas concrete pump /jam : ± 28 m<sup>3</sup> /jam ; d. Jam kerja : 8 jam/hari ; e. Biaya bahan bakar minyak : 12 ltr/jam ; Asumsi (4.500 /litr)

Berikut perhitungan biaya penggunaan 1 unit concrete pump Diasumsikan 1 bulan 30 hari : f. Jumlah pengecoran balok dan Pelat lantai : 8352.23 m<sup>3</sup> ; g. Rata-rata pengecoran per hari (c x d) : 224 m<sup>3</sup> ; h. Total hari yang dibutuhkan (f / g) : 37 hari ; i. Kebutuhan BBM per hari(e x d) x 4500 : 96 liter x 4500 = 432.000 ; h :432.000 x 37 = 13.824.000 ; j. Biaya sewa per hari (a / 30) : 1.900.000 ; k. Total Biaya Sewa : 67.900.000 ; l. Total biaya sewa keseluruhan (k + i + b ) : 86.800.000. Jadi biaya yang dibutuhkan dalam penambahan kapasitas alat concrete pump(biaya peralatan normal + biaya akibat penambahan) adalah Rp.960.300.000. Dari total tersebut dapat diasumsikan kebutuhan peralatan untuk tiap – tiap lantai sebesar Rp.36.900.000. Dari data diatas dapat kita hitung *crash cost* dan *cost slope* pada alternatif 3 ini yaitu penambahan kapasitas alat. Berikut contoh perhitungan crash cost cost slope pada pekerjaan pengecoran pelat lantai dan balok :

- Normal Cost : a. Volume =337.64 m<sup>3</sup> ; b. Upah pekerja = Rp.25.000 ; c. Biaya Alat = Rp.33.596.000 ; d. Durasi Normal = 6 ; e. Normal cost (a x (b))) +c = 42.037.000 ; f. Jumlah orang/group = 2 group( ± 6 orang)
- Crash Duration : f. Produktifitas harian (a/d) = 56.27 ;g. Kapasitas per jam = 28 m<sup>3</sup>/jam ; h. kapasitas per hari = 224 m<sup>3</sup> ; i. Crash duration (a/h) = 1.507 ~ 2 hari
- Crash Cost : j. Biaya alat setelah pertambahan = 36.636.000 ; k. upah pekerja (a x b) = 8.441.000 ; l. Crash cosh total = 45.077.000 ; m. Cost slope (l-e)/(d-i) = 760.000

**Perhitungan Durasi dan Biaya setelah kompresi**

- Contoh perhitungan kompresi 1 Untuk Alternatif 1 : a. Cost slope = 3.349.496 ; b.

Durasi normal = 4 ; c. Crash Durasi = 3 ; d. Total crash = 1 ; e. Komulatif total crash = 1 ; f. Total Durasi Proyek = 180-1 = 179 hari ; g. tambahan Biaya (a x e) = 3.349.496 x 1 = 3.349.496 ; h. komulatif tambahan biaya = 3.349.496 ; i. Total cost = 3.349.496

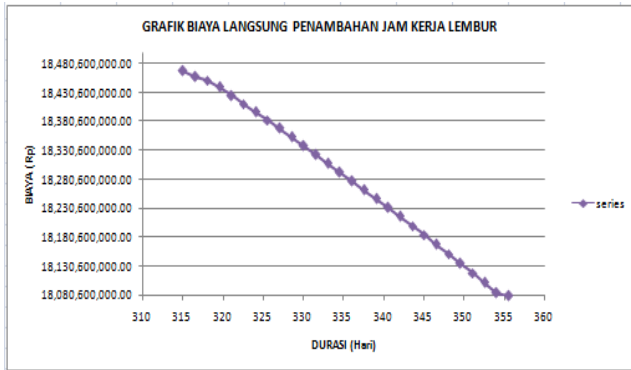
- Contoh perhitungan kompresi 1 Untuk Alternatif 2 : a. Cost slope = 2.576.535 ; b. Durasi normal = 4 ; c. Crash Durasi = 3 ; d. Total crash = 1 ; e. Komulatif total crash = 1 ; f. Total Durasi Proyek = 180-1 = 179 hari ; g. tambahan Biaya (a x e) = 2.576.535 x 1 = 2.576.535 ; h. komulatif tambahan biaya = 2.576.535 ; i. Total cost = 2.576.535
- Contoh perhitungan kompresi 1 Untuk Alternatif 3 : a. Cost slope = 760.000 ; b. Durasi normal = 6 ; c. Crash Durasi = 2.1 ~ 2 ; d. Total crash = 4 ; e. Komulatif total crash = 4 ; f. Total Durasi Proyek = 180-4 = 176 hari ; g. tambahan Biaya (a x e) = 760.000 x 4 = 3.040.000 ; h. komulatif tambahan biaya = 3.040.000 ; i. Total cost = 3.040.000

**Penambahan Jam Kerja (Alternatif 1)**

**a. Rekapitulasi Biaya Langsung**

Keterangan	DURASI	BIAYA TOTAL (Rp)
Kompresi 1	355.5	18,080,739,494.97
Kompresi 2	354	18,085,382,809.91
Kompresi 3	352.5	18,102,438,985.83
Kompresi 4	351	18,119,606,175.82
Kompresi 5	349.5	18,136,577,925.13
Kompresi 6	348	18,152,973,949.06
Kompresi 7	346.5	18,169,486,210.92
Kompresi 8	345	18,185,352,509.79
Kompresi 9	343.5	18,201,214,629.03
Kompresi 10	342	18,216,671,946.64
Kompresi 11	340.5	18,232,069,070.48
Kompresi 12	339	18,247,435,786.22
Kompresi 13	337.5	18,262,823,114.82
Kompresi 14	336	18,278,043,808.33
Kompresi 15	334.5	18,293,264,501.85
Kompresi 16	333	18,308,537,175.92
Kompresi 17	331.5	18,323,724,795.48
Kompresi 18	330	18,338,896,377.46
Kompresi 19	328.5	18,354,093,438.53
Kompresi 20	327	18,369,255,813.59
Kompresi 21	325.5	18,383,760,595.03
Kompresi 22	324	18,397,862,115.24
Kompresi 23	322.5	18,411,917,981.67
Kompresi 24	321	18,426,003,201.06
Kompresi 25	319.5	18,440,136,566.72
Kompresi 26	318	18,452,210,222.89
Kompresi 27	316.5	18,465,447,470.73
Kompresi 28	315	18,468,332,922.63

b. Grafik hubungan Biaya dan Durasi



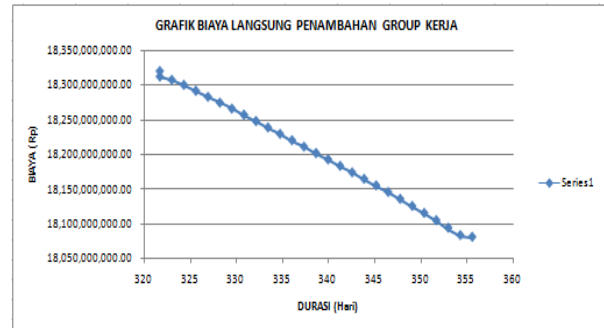
Dari Rekapitulasi hasil analisa dengan metode TCTO maka didapat waktu pelaksanaan setelah dikompresi yaitu pada kompresi 1 (lantai 8) sampai kompresi 28 (lantai atap) maka diperoleh waktu pelaksanaan kompresi 315 hari mengalami pengurangan dari waktu normal 355.5 hari. Dengan biaya yang didapat setelah kompresi ini sebesar Rp.18.468.332.992 mengalami kenaikan dari biaya awal sebesar Rp.18.080.739.494.

Penambahan Group Kerja (Alternatif 2)

a. Rekapitulasi Biaya Langsung

Keterangan	DURASI	BIAYA TOTAL (Rp)
Kompresi 1	355.5	18,080,739,494.97
Kompresi 2	354.2	18,083,316,030.95
Kompresi 3	352.9	18,093,966,941.70
Kompresi 4	351.6	18,104,696,328.40
Kompresi 5	350.3	18,115,275,376.11
Kompresi 6	349	18,125,417,604.96
Kompresi 7	347.7	18,135,649,247.61
Kompresi 8	346.4	18,145,383,995.64
Kompresi 9	345.1	18,155,115,528.57
Kompresi 10	343.8	18,164,535,675.64
Kompresi 11	342.5	18,173,909,519.80
Kompresi 12	341.2	18,183,259,973.12
Kompresi 13	339.9	18,192,626,282.49
Kompresi 14	338.6	18,201,864,411.01
Kompresi 15	337.3	18,211,102,539.54
Kompresi 16	336	18,220,380,653.12
Kompresi 17	334.7	18,229,593,340.14
Kompresi 18	333.4	18,238,801,996.22
Kompresi 19	332.1	18,248,030,251.60
Kompresi 20	330.8	18,257,231,825.43
Kompresi 21	329.5	18,266,062,607.03
Kompresi 22	328.2	18,274,635,571.89
Kompresi 23	326.9	18,283,173,418.46
Kompresi 24	325.6	18,291,733,844.23
Kompresi 25	324.3	18,300,331,305.59
Kompresi 26	323	18,307,709,015.54
Kompresi 27	321.7	18,312,337,887.84
Kompresi 28	321.7	18,320,211,614.33

b. Grafik hubungan Biaya dan Durasi



Dari Rekapitulasi hasil analisa dengan metode TCTO maka didapat waktu pelaksanaan setelah dikompresi yaitu pada kompresi 1 (lantai 8) sampai kompresi 28 (lantai atap) maka diperoleh waktu pelaksanaan kompresi 321 hari mengalami pengurangan dari waktu normal 355.5 hari. Dengan biaya yang didapat setelah kompresi ini sebesar Rp.18.320.211.614 mengalami kenaikan dari biaya awal sebesar Rp.18.080.739.494.

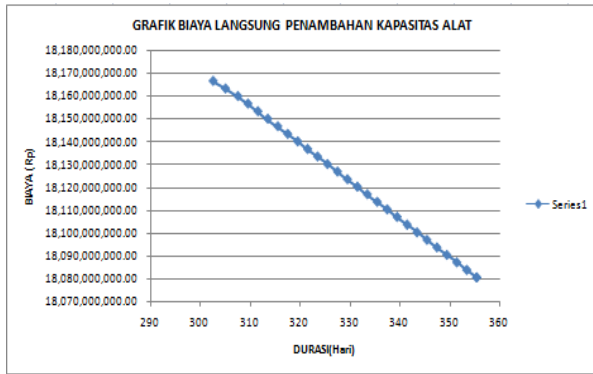
Penambahan Kapasitas Alat Kerja (Alternatif 3)

a. Rekapitulasi Biaya Langsung

Keterangan	DURASI	BIAYA TOTAL (Rp)
Kompresi 1	355.5	18,080,739,494.97
Kompresi 2	355.5	18,080,739,494.97
Kompresi 3	353.5	18,084,043,494.97
Kompresi 4	351.5	18,087,347,494.97
Kompresi 5	349.5	18,090,651,494.97
Kompresi 6	347.5	18,093,955,494.97
Kompresi 7	345.5	18,097,259,494.97
Kompresi 8	343.5	18,100,563,494.97
Kompresi 9	341.5	18,103,867,494.97
Kompresi 10	339.5	18,107,171,494.97
Kompresi 11	337.5	18,110,475,494.97
Kompresi 12	335.5	18,113,779,494.97
Kompresi 13	333.5	18,117,083,494.97
Kompresi 14	331.5	18,120,387,494.97
Kompresi 15	329.5	18,123,691,494.97
Kompresi 16	327.5	18,126,995,494.97
Kompresi 17	325.5	18,130,299,494.97
Kompresi 18	323.5	18,133,603,494.97
Kompresi 19	321.5	18,136,907,494.97
Kompresi 20	319.5	18,140,211,494.97
Kompresi 21	317.5	18,143,515,494.97
Kompresi 22	315.5	18,146,819,494.97
Kompresi 23	313.5	18,150,123,494.97
Kompresi 24	311.5	18,153,427,494.97
Kompresi 25	309.5	18,156,731,494.97
Kompresi 26	307.5	18,160,035,494.97
Kompresi 27	305	18,163,339,494.97
Kompresi 28	302.5	18,166,643,494.97



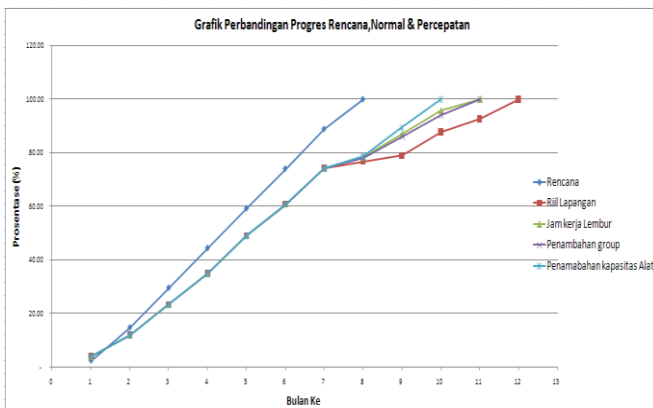
b. Grafik hubungan Biaya dan Durasi



Dari Rekapitulasi hasil analisa dengan metode TCTo maka didapat waktu pelaksanaan setelah dikompresi yaitu pada kompresi 1 (lantai 8) sampai kompresi 28 (lantai atap) maka diperoleh waktu pelaksanaan kompresi 302.5 hari mengalami pengurangan dari waktu normal 355.5 hari. Dengan biaya yang didapat setelah kompresi ini sebesar Rp.18.166.643.494 mengalami kenaikan dari biaya awal sebesar Rp.18.080.739.494.

Grafik Perbandingan Biaya dan Waktu Antara Kondisi Normal dengan Kondisi Setelah Percepatan dengan 3 Alternatif

Setelah didapat grafik dari masing-masing alternatif percepatan maka selanjutnya adalah membandingkan ke 3 alternatif tersebut dengan kondisi normal dalam sebuah grafik sebagai berikut :



Kesimpulan

- Dari segi waktu didapatkan penyelesaian pelaksanaan untuk : Alternatif 1 : 315 hari terjadi pengurangan 40 hari ; Alternatif 2: 321 hari terjadi pengurangan 34 hari ; Alternatif 3: 302.5 hari terjadi pengurangan 53 hari ; Dari waktu pelaksanaan riil lapangan 355.5 hari
- Perubahan biaya total proyek yang terjadi akibat percepatan pelaksanaan pekerjaan : Alternatif 1 : Rp.18.468.332.922 ; Alternatif 2: Rp.18.424.417.006 ; Alternatif 3: Rp.18.166.643.494. Dari segi biaya terjadi peningkatan akibat pelaksanaan dari ke 3 alternatif tersebut.
- Berdasarkan hasil analisa diatas disimpulkan semua alternatif mengalami penambahan biaya, Kontraktor mempunyai pilihan 3 alternatif yang sesuai dengan pertimbangan antara biaya, waktu dan kondisi yang lain.
- Hasil evaluasi analisis dengan menggunakan metode Time Cost Trade Off ini ini dilaksanakan pada proyek pembangunan Apartemen Tower C Seson City yang telah selesai dilaksanakan.

Daftar Pustaka

- [1] Ariany Frederika, “ *Journal Ilmiah Teknik Sipil*”, Denpasar 2010
- [2] Budi Santoso , “ *Manajemen Proyek* “, Surabaya, 2003
- [3] Bachtiar Ibrahim, “*Rencana dan Estimate Real Of Cost*”, Jakarta, 1993
- [4] Harold Kerzner, “*Project Management : A System Approach to Planning , Scheduling, and Controlling (8<sup>th</sup> Ed.ed)*”,Wiley, 2003
- [5] Iman Soeharto , “ *Manajemen Proyek* “, Jakarta, 1995
- [6] Iman Soeharto, “*Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasiona*”, Jakarta, 1999

- [7] Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia, "**Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur**", Jakarta 2004
- [8] Patrick,S.W.F dan Mingen,Li (2004). "**Risk Assessment Model of Tendering for Chinese Building Projects. Journal of Constructions Engineering and Management**", ASCE. 2004.
- [9] Paulus Nugraha, "**Manajemen Konstruksi 2**",Surabaya, 1985
- [10] Susapto, "**Manajemen Konstruksi 3**", Malang, 2001
- [11] Wahana Komputer, "**Panduan Praktis Microsoft Project**", Yogyakarta, 2010
- [12] Wulfram I Ervianto, "**Manajemen Proyek Konstruksi**", Yogyakarta, 2002