

# **“Duration-Cost Trade Off” Sebagai Solusi Mengatasi Keterlambatan Waktu di Proyek**

**Ir. Abrar Husen, MT<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Institut Teknologi Indonesia  
Jl. Raya Puspiptek, Serpong  
Tangerang Selatan, Banten 15320

## **Abstrak**

Karena penjadwalan waktu yang direncanakan tidak ideal seperti yang diharapkan, durasi proyek dapat menyebabkan tidak sesuai rencana sehingga akan terjadi keterlambatan dalam penyelesaian proyek. Pertambahan durasi proyek selain dapat menyebabkan bertambahnya biaya proyek, juga akan mempengaruhi tingkat kepercayaan pemilik proyek terhadap kontraktor pelaksana serta malahan berakibat buruk dengan adanya denda atau pemutusan kontrak sepihak. Ada beberapa cara dalam mengatasi keterlambatan proyek, salah satunya adalah *duration-cost trade off* yaitu dengan melakukan pertukaran silang biaya yang dikompensasikan dengan penambahan tenaga kerja atau jumlah peralatan serta mempercepat ketersediaan material sehingga beberapa kegiatan dapat lebih cepat dari waktu normalnya. Dari contoh kasus yang diteliti yaitu dengan menghitung nilai *cost slope* masing-masing kegiatan terhadap biaya dan waktu keadaan normal dan keadaan *crash program* terhadap kegiatan-kegiatan kritis, dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan **biaya langsung** saja terjadi kenaikan dari \$128.070 menjadi \$129.070 atau terjadi kenaikan 0.78% dari biaya normal dengan durasi proyek berkurang menjadi 8 hari dari 11 hari. Sedangkan bila dilihat dari **total biaya proyek** yang terdiri dari biaya langsung, tidak langsung serta bonus, jumlah minimal yang harus dikeluarkan untuk program *duration-cost trade off* ini adalah sebesar \$133.420 dengan pemendekan durasi proyek dari 11 hari menjadi 7 hari.

**Kata Kunci:** biaya langsung, biaya tidak langsung, duration-cost trade off, keterlambatan proyek

## **Abstract**

Planned Schedule is not ideal, project duration may increase that causes delay in project completion. Project delay has consequences, like: cost overrun, influences owner's trust and even it could have been worse, contractors stand the loss because get punish severance of contract.

There are many ways to overcome delay of project completion, one of them is duration-cost trade off. Conducting cost trade off that compensated by adding amount of labors or equipments, and accelerating material delivery to site, in order several duration activities at critical activities can be faster from the normal time. First, cost slope was counted from normal cost per crash cost, then conducted crash program to critical activities, the result of research depicts that there is adding direct cost from \$128070 to \$129070 or about 0.78% against normal cost with shortening of duration become 8 days from 11 days. If the analysis is project total cost contains of direct cost, indirect cost and bonus, least cost that paid for *duration-cost trade off* is \$133420 with shortening of duration from 11 days to 7 days.

**Keywords:** duration-cost trade off, project delay, direct cost, indirect cost

---

\*Penulis korespondensi, telp: +6221 7561112; fax.: +6221 7560542  
Alamat email: ianbagoes@yahoo.com

## 1. Pendahuluan

Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi terhadap jadwal rencana dan progres proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan, material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek.

Karena dalam proses penjadwalan, penyusunan kegiatan dan hubungan antar kegiatannya lebih terperinci dan sangat detil, hal ini dapat membantu menjadikan bahan evaluasi bagi penyempurnaan perencanaan tahap konseptual yang telah dibuat sebelumnya dengan cara iteratif selama proses berlangsungnya proyek.

### 1.1 Permasalahan

Percepatan proyek dapat dilakukan dengan kondisi proyek yang tidak terlambat/normal, dengan maksud: *owner*/pemilik proyek ingin mempercepat jadwal penyelesaian proyek, karena pertimbangan proyeksi *margin* keuntungan akan bertambah bila jadwal penyelesaian dipercepat dari rencana semula. Biasanya bila jadwal dapat dipercepat kontraktor pelaksana akan diberi bonus oleh pemilik proyek sesuai dengan biaya yang dapat dihemat. Selain itu dapat pula terjadi bila saat pertengahan durasi proyek tidak mengalami keterlambatan atau normal, namun menurut ramalan di penghujung proyek cuaca akan sangat buruk, solusinya adalah dengan mempercepat proyek agar dapat menghindari cuaca buruk dengan kompensasi adanya penambahan biaya.

Proyek besar yang memiliki banyak aktifitas dan kegiatan, pengaturan jadwal waktunya menjadi rumit dikarenakan hubungan antar kegiatannya makin kompleks dan sukar untuk mendapatkan penjadwalan yang benar-benar ideal. Karena hal demikian, terkadang proyek yang telah tersusun jadwalnya dengan perencanaan yang matang masih terjadi kelambatan dan perlu tindakan penyempurnaan dalam usaha pengendalian proyek yang terpadu.

Selama proses pengendalian proyek, penjadwalan mengikuti perkembangan proyek dengan berbagai permasalahannya dan selalu dilakukan proses *monitoring* serta *updating* untuk mendapatkan penjadwalan yang paling realistis, sehingga alokasi sumber daya dan penetapan durasinya sesuai dengan sasaran dan tujuan proyek. Untuk

pengendalian waktu dimana proyek mengalami keterlambatan diperlukan langkah-langkah penanggulangannya, yaitu dengan melakukan percepatan durasi proyek.

Terkait cara ini, tindakan koreksi yang dilakukan adalah pertukaran biaya terhadap durasi beberapa kegiatan, dengan penambahan sumber daya tenaga kerja atau dengan optimasi penggunaan peralatan dan material. Hal ini menyebabkan bertambahnya biaya total proyek yang diakibatkan oleh *direct cost* dan *indirect cost*. [ 1 ]

### 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai cara mengatasi keterlambatan pada proyek berdasarkan permasalahan yang sering timbul pada proyek.

## 2. Duration – Cost Trade Off

Penyesuaian durasi proyek metode *duration–cost trade off* dimaksudkan untuk mengatasi masalah-masalah seperti penjadwalan proyek tidak sesuai dengan durasi kontrak, untuk memperoleh bonus apabila penyelesaian proyek dapat dipercepat, mempercepat jadwal proyek karena menghindari cuaca buruk pada sisa waktu proyek. Dengan demikian *duration–cost trade off* adalah melakukan pertukaran silang antara biaya dan waktu yang dikompensasikan dengan penambahan tenaga kerja atau jumlah peralatan sehingga beberapa kegiatan dapat dipercepat dari waktu normalnya. [ 2 ]

### 2.1 Macam–macam Duration–Cost Trade Off.

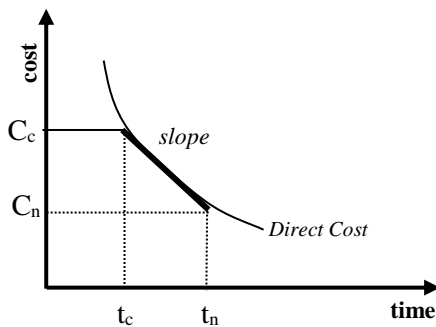
#### 1. Project Crashing

Dilakukan agar pekerjaan selesai dengan pertukaran silang waktu dengan biaya langsung (*direct cost*) dengan cara menambah:

jumlah *shift* kerja, jumlah jam kerja/*overtime*, jumlah tenaga kerja, jumlah ketersediaan bahan, serta memakai peralatan yang lebih produktif dan metode instalasi yang lebih cepat.

- Sumber daya (tenaga kerja, peralatan, material) yang berada dilintasan tidak kritis dapat dioptimalkan dengan memindahkannya ke lintasan kritis. Pemindahan sumber daya dibatasi pada titik jenuh.

- Konsekuensi dari pada *crash program* ini adalah meningkatnya *direct cost*. Seiring dengan berkurangnya durasi proyek, nilai *direct cost*-nya *trend*-nya makin naik (Gambar 1).
- Guna mendapatkan keadaan demikian dilakukan *crashing program* terhadap kegiatan-kegiatan yang berada dalam lintasan kritis.



**Gambar 1.** Hubungan Waktu dan Biaya dalam *Project Crashing*

Keterangan:

- $t_n$  : normal time  
 $t_c$  : crash time  
 $C_n$  : normal cost  
 $C_c$  : crash cost

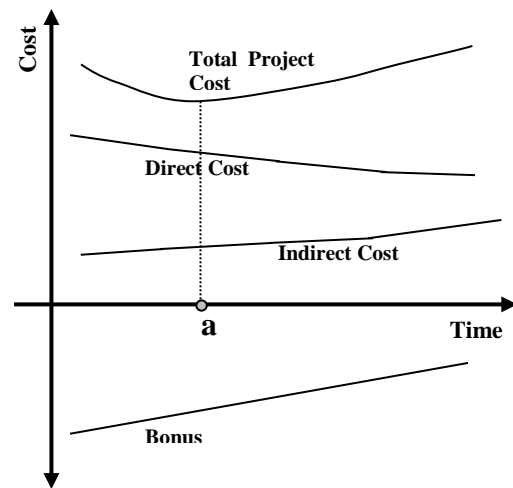
Bila  $t > t_n$  proyek akan terlambat dimana biaya bertambah dan penggunaan sumber daya menjadi tidak efektif. Sedangkan bila waktu dipercepat dimana  $t_c < t_n$  maka biaya juga akan meningkat  $C_c > C_n$  karena dilakukan penambahan jumlah sumber daya sesuai dengan kebutuhan dengan merencanakan secara efektif dan efisien.

## 2. Least Cost Analysis

Suatu analisis untuk memperoleh durasi proyek yang optimal, yaitu durasi dengan biaya total proyek yang minimal.

Pada analisis ini bila durasi proyek dipersingkat biasanya *direct cost* akan naik, sedangkan *indirect cost* akan turun.

Sering pula diperhitungkan adanya bonus, sebagai hasil dari usaha mempersingkat waktu penyelesaian proyek.



**Gambar 2** Total Project Cost

Seperti ditunjukkan pada Gambar 2, biaya **Total Proyek** adalah  $Direct\ Cost + Indirect\ Cost - Bonus$ , dimana nilai yang diambil adalah nilai total proyek terkecil/minimum sehingga durasi proyek yang lebih singkat didapat, sebagai hasil dari proses *Least Cost Analysis*. Dalam proses ini juga dapat ditunjukkan bahwa *direct cost* akan cenderung naik sebaliknya *indirect cost* akan cenderung menurun seiring dengan berkurangnya durasi proyek.

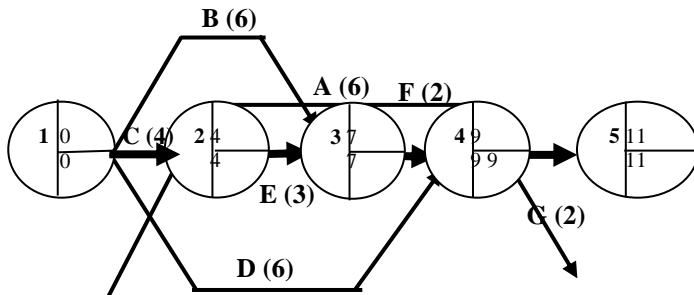
Guna mendapatkan keadaan tersebut, setelah melakukan tindakan *project crashing* dilanjutkan proses *least cost analysis* pada kegiatan yang berada dalam lintasan kritis.

Nilai **a** adalah nilai *total cost* yang paling minimal setelah dilakukan analisis untuk mempercepat durasi proyek.

## 3. Penerapan Duration-Cost Trade Off

Terkait penjelasan program *duration-cost trade off* seperti gambaran di atas pada bagian ini dibahas mengenai langkah-langkah praktis mengenai percepatan durasi proyek dengan cara yang sistematis sehingga biaya dan waktu percepatan yang akan diperoleh dapat memenuhi sasaran dan tujuan proyek. Langkah pertama yang dilakukan adalah dengan melakukan program *crashing* untuk pemendekan durasi dari jumlah 10 hari menjadi 8 hari dengan kompensasi sejumlah biaya dari *direct cost*. Selanjutnya bila ingin mendapatkan hasil pemendekan durasi dengan total biaya proyek yang paling minimal diteruskan dengan melakukan analisis *least cost*, dimana kompensasi biaya yang harus dikeluarkan adalah sejumlah biaya  $direct\ cost + indirect\ cost - bonus$ .

Penerapan *Project Crashing* dan *Least Cost Analysis*, dapat digambarkan dari *network planning*, penjadwalan proyek dengan durasi normal sebagai hasil perencanaan jadwal kemudian dilakukan percepatan durasi, seperti langkah-langkah di bawah ini.



Gambar 3. Diagram CPM (kondisi normal)

Dari *network* Gambar 3, didapat durasi normal proyek adalah 11 hari dengan lintasan kritis C-E-F-G. Diagram di atas memberikan informasi bahwa dengan durasi 11 hari, lintasan kritis yang terjadi, harus di monitor kegiatan-kegiatannya agar durasinya tidak bertambah sehingga menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Dan dalam usaha mempercepat durasi proyek, pada lintasan kritis tersebut juga terdapat beragam kegiatan yang nantinya dijadikan acuan sebagai kegiatan yang akan di-*treatment*.

Karena bila *treatment* dilakukan pada lintasan non kritis, bukan saja hasilnya tidak maksimal dalam usaha percepatan durasi proyek, malah semakin memperbesar biaya proyek.

Tabel 1. Analisis Project Crashing

Task	Durasi		Biaya ( \$ )	
	Normal	Crash	Normal	Crash
A	6	3	25120	27120
B	6	4	14500	15000
C	4	2	23600	24200
D	6	3	16000	16750
E	3	2	13250	13500
F	2	1	22500	22850
G	2	1	13100	13500
	Total		128070	132920

Acuan *Program Crashing* dilakukan pada kegiatan dengan *cost slope* terkecil yang berada pada lintasan kritis. Durasi proyek yang diinginkan dipendekkan menjadi 8

hari dengan pertukaran silang antara pembiayaan *direct cost* dan waktu dengan melakukan penambahan jumlah tenaga kerja, penambahan *shift kerja* atau optimasi penggunaan peralatan seperti Tabel 1. Di bawah ini diberikan contoh untuk penentuan biaya normal, biaya *crash* dan *cost slope* untuk kegiatan A.

**A. Biaya Normal Kegiatan A**

**Penentuan jumlah alat berat bulldozer**

Untuk pekerjaan *Clearing* dibutuhkan 1 bulldozer dengan kapasitas alat mampu membersihkan medan 350 m<sup>2</sup>/jam. [ 3 ]

- Bila waktu efektif kerja selama 1 hari adalah 8 jam
- Untuk volume pekerjaan 500.000 m<sup>2</sup>, maka bulldozer yang diperlukan = 500.000m<sup>2</sup> / (8x350m<sup>2</sup>/bulldozerhari) = 178 bulldozer.hari

Rata-rata perhari bulldozer yang dibutuhkan bila durasi kegiatan *clearing* 15 hari adalah 178/15 = 12 bulldozer.

Sedangkan penentuan biaya peralatan dalam proyek biasanya didasarkan atas :

- Biaya peralatan sendiri
- Biaya sewa peralatan

**Penentuan biaya alat berat bulldozer**

**Biaya kepemilikan bulldozer**

Harga alat : Rp 200.000.000  
 Harga alat bekas : Rp 25.000.000

Nilai penyusutan : Rp 175.000.000

Umur ekonomis alat diasumsikan 10 th dengan jumlah 1000 jam/th =10.000 jam

Biaya penyusutan = Rp 175.000.000 / 10.000 jam = Rp. 17.500/jam

- Biaya modal = (Lama pinjaman x Bunga/th x Harga alat)/ (Umur ekonomis alat) = (2 x 18% x Rp. 200.000.000)/ 2 x 1000 jam/tahun = Rp. 36.000/jam
- Biaya asuransi = (Premi asuransi/tahun)/ Penggunaan alat/tahun = (1% x Rp. 200.000.000)/ (1000 jam/tahun) = Rp. 2000/jam

**Biaya kepemilikan**

= Rp 17.500 + Rp 36.000 Rp 2000 = **Rp 55.500 / jam**

**Biaya operasional**

- Bahan bakar bulldozer

- = 21.8 L/jam x Rp. 1.500/L  
= Rp. 32.700/jam
- Biaya pelumas, gemuk dan filter, mesin, transmisi, final drive  
= Rp 12.000/ jam
- Biaya ban = harga ban / umur ekonomis = Rp. 2000.000 / (4 th x 1000 jam)  
= Rp. 500/jam
- Biaya perbaikan = faktor perbaikan x harga alat / ( umur ekonomis alat )  
= 0.8 x Rp.200.000.000/(10.000jam)  
= Rp. 16.000/jam
- Biaya suku cadang = faktor suku cadangxharga alat/(umur ekonomis alat)  
= 1xRp. 200.000.000/(10.000 jam)  
= Rp. 20.000/jam
- Biaya operator dan pembantu  
= Rp. 15.000/jam

**Biaya operasional**

=Rp32.700+Rp12.000+Rp500+Rp16.000  
+Rp20.000+Rp 15.000 = **Rp 96.200/jam**

**Biaya total penggunaan alat berat**

=Biayakepemilikan+Biaya operasional  
= Rp 55.500 + Rp 96.200  
= Rp 151.500 / jam  
Untuk penentuan harga satuan alat bulldozer (kontingensi + keuntungan, sebesar 15 %)  
= Rp 151.700 x 1.15  
= Rp. 174.455/jam

Biaya kegiatan *clearing* dengan 12 buah bulldozer, volume 500.000 m<sup>2</sup> dan durasi 15 hari,

= Rp. 174.455/jam x 12 x 15 x 8 jam  
= Rp 251.215.200.

Dengan kurs 1 dollar = Rp. 10.000, Biaya Normal kegiatan A adalah \$25120

**B. Biaya Crash Kegiatan A**

Komponen biaya *crash* biasanya terdiri dari: penambahan jumlah tenaga kerja, peralatan serta mempercepat ketersediaan material. Di bawah ini diberikan contoh mendapatkan biaya *crash* kegiatan A.

- Biaya Normal \$25120
- Penambahan tenaga kerja (5% dari biaya normal)  
= \$1256
- Penambahan peralatan (2% dari biaya normal)= \$502.4
- Percepatan ketersediaan material setelah *clearing* (1% dari biaya normal) = \$251.2
- Total *Crash Cost*  
= \$27129.6

**C. Nilai Cost Slope Kegiatan A**

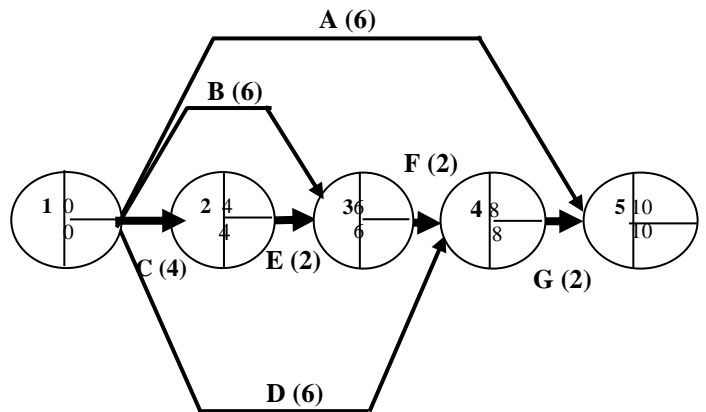
$$Cost\ Slope = \frac{\$27120 - \$25120}{6-3} = 666.7$$

**Tabel 2. Cost Slope**

Task	Durasi		Biaya ( \$ )		Cost Slope
	Normal	Crash	Normal	Crash	
A	6	3	25120	27120	666.67
B	6	4	14500	15000	250.00
C	4	2	23600	24200	300.00
D	6	3	16000	16750	250.00
E	3	2	13250	13500	250.00
F	2	1	22500	22850	350.00
G	2	1	13100	13500	400.00
Total			128070	132920	

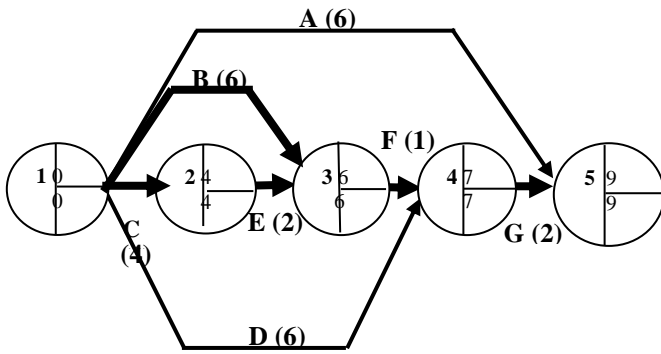
Selanjutnya langkah-langkah *Crashing Program*, dilakukan sebagai berikut:

- Pada *network* di atas dilakukan penjadwalan kembali dengan mengurangi waktu pada kegiatan E dengan *cost slope* terkecil \$250/hari, dimana durasi menjadi 10 hari dengan 2 lintasan kritis yaitu C - E - F - G dan B - F - G, dan penjadwalannya menjadi:



**Gambar 4.** Diagram CPM Langkah Pertama Analisis *Project Crashing*

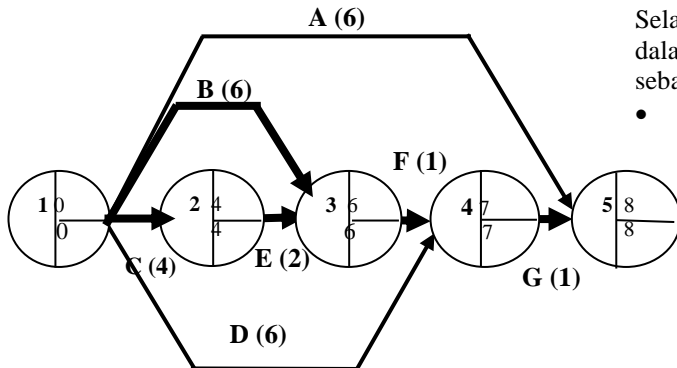
- Dari 2 lintasan kritis di atas dipakai lintasan B - F - G untuk dilakukan penjadwalan kembali dengan *cost slope* terkecil \$350/hari pada kegiatan F, sehingga seperti Gambar 5.



Gambar 5. Diagram CPM Langkah ke-2 Analisis Project Crashing

Hasil penjadwalan menunjukkan durasi proyek menjadi 9 hari dan lintasan kritisnya menjadi C - E - F - G dan B - F - G

- Dari lintasan kritis B - F - G, tinggal kegiatan G yang akan dilakukan penjadwalan kembali dengan *cost slope* \$400/hari, sehingga penjadwalannya menjadi Gambar 6.



Gambar 6. Diagram CPM Langkah ke-3 Analisis Project Crashing

Hasil penjadwalan menunjukkan bahwa durasi proyek menjadi 8 hari dengan lintasan kritisnya tetap C - E - F - G dan B - F - G. Dari Tabel 2, *direct cost* yang harus dikeluarkan untuk *crashing program* ini adalah \$ 132920.

Selanjutnya dilakukan Analisis Least Cost Analysis dengan ketentuan :

- *Overhead* \$ 6600, dengan penurunan \$600 / hari (*indirect cost*) serta Bonus \$100 / hari. Biaya *overhead* ini biasanya dihitung berdasarkan kebutuhan-kebutuhan yang diperlukan selama proses berlangsungnya percepatan proyek untuk membayar sumber-sumber daya tetap seperti, pegawai tetap, kebutuhan

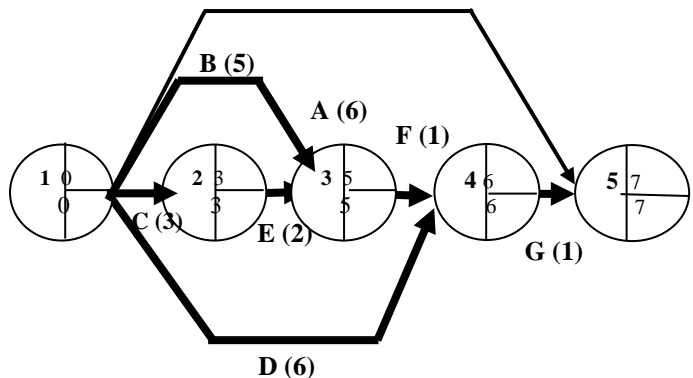
ATK, rekening listrik/telepon serta biaya operasional lainnya. Nilai *indirect cost* terus menurun seiring dengan dipercepatnya proyek, didapat karena nilai ini akan terjadi penggandaan bila durasi waktu proyek bertambah, sehingga dengan logika tersebut akan menurun bila durasi dipercepat.

Sedangkan nilai bonus \$10 dibayarkan kepada komponen pelaksana proyek dengan nilainya negatif dikarenakan komponen ini biasanya didapat dari sejumlah *margin* hasil dari proyek yang dipercepat.

- Untuk analisis ini durasi yang dipakai adalah durasi dengan biaya yang paling minimal dari total biaya proyek. Untuk mendapatkannya, dengan asumsi yang diperlihatkan pada Gambar 2 nilai tersebut di dapat setelah *plotting* seluruh komponen biaya proyek menjadi nilai total dengan nilai nominal yang paling minimal, sehingga jumlah durasinya diperoleh.

Selanjutnya langkah-langkah yang dilakukan dalam proses *Least Cost Analysis* adalah sebagai berikut.

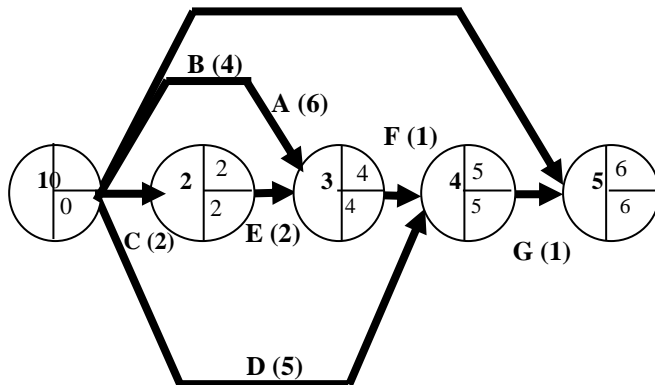
- Melanjutkan langkah-langkah *crashing program*, dari lintasan kritis C - E - F - G dan B - F - G, dilakukan penjadwalan kembali pada kegiatan B dan C dengan *cost slope*,  $B + C = \$550$ , hasilnya adalah sebagai berikut:



Gambar 7. Diagram 1 CPM Least Cost Analysis

- Dari penjadwalan di atas, di dapat durasi 7 hari dengan lintasan kritisnya menjadi C - E - F - G, B - F - G dan D - G. Dari ketiga lintasan kritis ini dilakukan penjadwalan kembali terhadap kegiatan C, B dan D dengan *cost slope*  $C + B + D = \$800$ ,

sehingga diagram *network*nya menjadi seperti Gambar 8 di bawah ini.



**Gambar 8.** Diagram 2 CPM Least cost Analysis

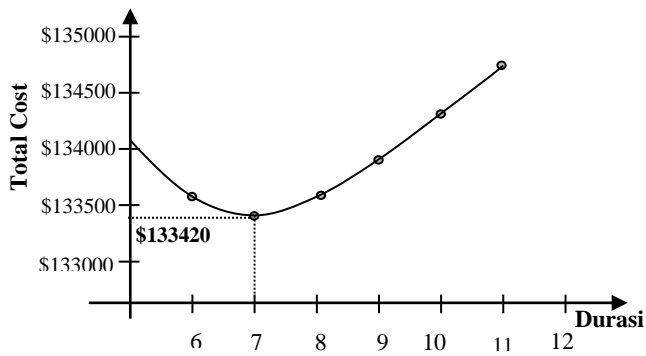
- Diagram-diagram CPM diatas menggambarkan situasi yang sederhana untuk model penjadwalan *Activity On Arrow* (AOA). Untuk

kasus proyek yang lebih besar dengan model penjadwalan lebih kompleks menggunakan model *Activity On Node* (AOA) atau *precedence diagram*, menggunakan *software scheduling*, prinsip-prinsip dasar metode *duration-cost trade off* tetap dipakai seperti langkah-langkah yang dilakukan di atas, namun perlu ketelitian dalam mengamati kegiatan-kegiatan yang berada di jalur kritis. Karena jumlahnya cukup banyak serta penggunaan sumber daya yang beragam, analisis *cost slope* serta prioritas kegiatan kritis yang akan ditreatment harus hati-hati, cermat dan dengan tingkat keakuratan yang tinggi. Selanjutnya hasil penjadwalan di atas dibuatkan Tabel 3 , yang menunjukkan langkah-langkah program percepatan durasi beserta biaya yang harus dikeluarkan. [ 4 ]

**Tabel 3.** *Project Crashing Analysis dan Least Cost Analysis* [ 5 ]

Task	Selisih Hari	Selisih Biaya	Cost Slope	Pemendekan Hari				
A	3	2000	667					
B	2	500	250		1	1		
C	2	600	300		1	1		
D	3	750	250			1		
E	1	250	250	1				
F	1	350	350		1			
G	1	400	400			1		
Durasi Proyek (hari)			11	10	9	8	7	6
Kenaikkan Biaya/hari			-	250	350	400	550	800
Project Crashing	Direct Cost		128070	128320	128670	129070	129620	130420
	Indirect Cost		6600	6000	5400	4800	4200	3600
	Bonus		-	-100	-200	-300	-400	-500
Least Cost Analysis	Total Project Cost		134670	134220	133870	133570	133420	133520

Dari tabel di atas, **biaya total proyek** yang paling minimal sebesar \$133420, didapat durasi proyek menjadi 7 hari, Hasil-hasil tersebut dapat dibuat grafiknya sehingga jelas dapat terlihat bahwa biaya total proyek merupakan nilai paling minimal dari hasil program percepatan durasi proyek (Gambar 9). Bila mempercepat proyek hanya memperhitungkan biaya *direct cost* saja biaya yang harus dikeluarkan adalah sebesar \$129070 dan jumlah durasi proyek menjadi 8 hari dari 11 hari.



Gambar 9. Least Cost Analysis

#### 4. Kesimpulan

Dari uraian yang telah dibahas di atas, percepatan proyek dengan menggunakan metode *duration-cost trade off* diperoleh kesimpulan sebagai berikut,

1. Percepatan proyek dapat dilakukan bila proyek mengalami keterlambatan dari jadwal yang direncanakan semula, tidak sesuai dengan keadaan aktual seperti adanya keterlambatan akibat: suplai material tidak lancar, kerusakan peralatan konstruksi, jumlah tenaga kerja tidak sesuai kebutuhan serta pengaruh cuaca buruk, dan lain sebagainya. Masing-masing masalah di atas memerlukan pendekatan berbeda dalam metode percepatan proyek yang dilakukan tetapi biasanya selalu dikompensasikan dalam bentuk biaya.

#### Daftar Pustaka

- [1] H. Abrar, Manajemen Proyek: Perencanaan, Penjadwalan dan Pengendalian, Institut Teknologi Indonesia, 2003.
- [2] Michael T. Callahan, Daniel G. Quackkenbush and James E. Rowing, *Construction Project Scheduling*, McGraw-Hill, Inc, New York, 1992
- [3] Sukoto, Iman, *Pengendalian Pelaksanaan Konstruksi*, Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, 1987
- [4] Boediono, *Analisa Network*, BPFE, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta,

2. Percepatan proyek dapat dilakukan dengan cara perbaikan jadwal yaitu *treatment* hanya terhadap kegiatan-kegiatan yang terdiri lintasan kritis., karena bila dilakukan terhadap lintasan non kritis hasilnya tidak maksimal dan malah terjadi penambahan biaya tanpa adanya pengurangan durasi proyek. Untuk menghemat biaya, alokasi sumber daya pada jalur non kritis dapat dipindahkan ke jalur kritis.
3. Dari hasil program percepatan proyek dengan penambahan biaya langsung (*direct cost*) dan pemendekan durasi sebanyak 3 hari, terjadi penambahan biaya dari nilai awal \$128070 menjadi \$129070, dengan kenaikan sekitar 0.78%. Sedangkan bila percepatan proyek dilakukan dengan mempertimbangkan total biaya proyek yang terdiri dari *direct cost*, *indirect cost* serta bonus nilainya adalah \$133420 pada keadaan minimal dengan pemendekan jumlah durasi proyek dari 11 hari menjadi 7 hari, dimana ini adalah durasi optimal.

- [5] Warianto,A, *Construction Planning and Scheduling*, , Jurusan Teknik Sipil, Universitas Indonesia, 2001.