

Hubungan Masa Dan Kos Projek : Algoritma Dan Kategori Kos

Safie Mat Yatim

Jabatan Kejuruteraan Perisian
Institut Sains Komputer
Universiti Teknologi Malaysia
Kuala Lumpur

Abstrak

Kertas kerja ini membincangkan pendekatan analisis rangkaian dalam menganalisis kos aktiviti dan kos projek. Tumpuan utama adalah membincangkan hubungan antara masa dan kos aktiviti, dan algoritma bagi menentukan masa skedul aktiviti-aktiviti yang dapat meminimumkan kos projek. Di samping itu, hubungan antara kos, sumberbahan dan masa projek juga ditinjau.

Katakunci: analisis rangkaian, analisis kos, algoritma tolak-ansur masa-kos.

Abstract

This paper discusses network analysis approach in analysing activities and projects costs. The relationship between activities time and cost, and the algorithm which determine scheduling times for each activity with the least project cost. Furthermore, the relationship between costs, resources and time of the project will also be discussed.

Keywords: network analysis, cost analysis, time-cost trade-off algorithm.

1. Pendahuluan.

Setiap projek boleh dipecahkan kepada satu set kerja atau tugas yang secara teknikal dikenali sebagai aktiviti. Bilangan aktiviti sesuatu projek selalunya bergantung kepada paras kompleksiti projek tersebut. Semakin kompleks sesuatu projek maka bertambah banyak aktiviti-aktiviti yang perlu dilaksanakan. Walau bagaimanapun, dalam menggunakan analisis rangkaian, bilangan aktiviti projek juga bergantung kepada keperincian pecahan (projek kepada aktiviti) dan analisis yang hendak dilaksanakan.

Pengurusan setiap projek akan melibatkan masalah-masalah perancangan, penskedulan, pemantauan, dan pengawalan ke atas 3 elemen penting bagi setiap aktiviti projek, iaitu: jangka masa pelaksanaan, kos, dan sumberbahan. Ketiga-tiga elemen ini mempunyai hubungan dan saling pengaruh mempengaruhi di antara satu sama lain. Perubahan ke atas peruntukan sumberbahan yang diperlukan oleh sesuatu aktiviti, misalnya, akan membawa perubahan kepada kos dan mungkin juga akan mengubah skedul dan jangka masa pelaksanaan aktiviti tersebut. Untuk membolehkan sesuatu projek ditangani atau diurus secara berkesan, penentuan bentuk hubungan di antara ketiga-tiga elemen ini adalah penting.

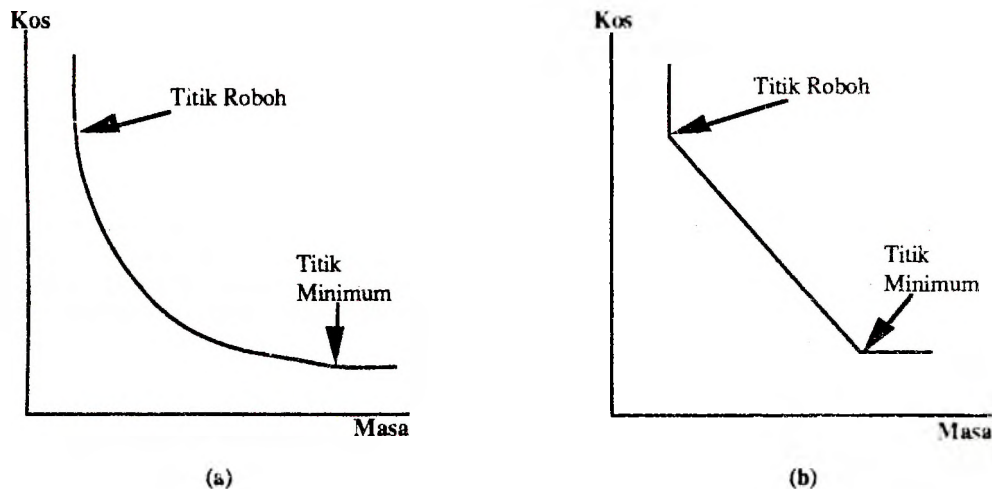
Pada umumnya, prestasi sesuatu aktiviti boleh berubah pada had-had tertentu dengan perubahan peruntukan sumberbahan-sumberbahan yang diperlukan dalam melaksanakan aktiviti tersebut. Menurut (Battersby, 1970), kegandaan berbagai sumberbahan sentiasa boleh diikhtisarkan dalam sebutan

matawang. Ini bermakna, pengaruh semua jenis sumberbahan yang diperlukan oleh aktiviti terhadap jangka masa pelaksanaan aktiviti dan projek boleh ditinjau sebagai pengaruh satu pembolehubah sahaja, iaitu kos.

Perbelanjaan untuk semua jenis sumberbahan yang diperlukan dalam pelaksanaan sesuatu aktiviti selalunya dikenali sebagai kos langsung bagi aktiviti tersebut. Sebaliknya, biaya sumberbahan yang dikongsi oleh aktiviti-aktiviti pada sesuatu masa seperti kakitangan pentadbiran projek, dikelaskan sebagai kos tak langsung. Dengan demikian, kos tak langsung dianggap sebagai sebahagian daripada kos projek dan tidak akan dipertimbangkan sebagai perbelanjaan khusus atau kos langsung untuk sesuatu aktiviti.

2. Hubungan Masa Dan Kos Aktiviti.

Semua atau sebahagian daripada aktiviti-aktiviti projek boleh dilaksanakan dalam jangka masa yang lebih pendek jika peruntukan semua jenis sumberbahan yang diperlukannya ditambah. Pertambahan sumberbahan tentunya akan mempertingkatkan kos langsung aktiviti-aktiviti tersebut. (Battersby, 1970) menyatakan bahawa masa pelaksanaan dan kos langsung sebarang aktiviti pada umumnya mempunyai hubungan yang dapat digambarkan mengikut salah satu daripada dua graf seperti dalam gambarajah 1.



Gambarajah 1 : Graf Hubungan Masa & Kos

Walaupun bentuk graf-graf tersebut berbeza, tetapi kedua-duanya mempunyai 3 kesamaan ciri, iaitu:-

- I. Kos akan sentiasa meningkat apabila masa dikurangkan.
- II. Masa mempunyai satu batas bawah yang pertambahan biaya tidak akan memendekkan lagi masa tersebut. Batasan ini dinamakan keadaan roboh.
- III. Terdapat satu batas penjimatan kos yang perbelanjaan tidak boleh dikurangkan lagi walaupun masa pelaksanaan ditambah. Peringkat ini dikenali sebagai keadaan minimum [dengan peruntukan sumberbahan yang paling kecil, sekadar cukup untuk membolehkan aktiviti dilaksanakan].

Di samping itu, gambarajah 1b mempunyai ciri yang keempat iaitu; hubungan masa-kos boleh dinyatakan sebagai satu garis lurus antara batas-batas yang dinyatakan dalam II dan III (Safie, 1987).

Apa yang dijelaskan di atas bukanlah bermakna tidak wujud bentuk lain hubungan masa-kos aktiviti, selain daripada 2 bentuk tersebut. (Davis, 1966), misalnya, membincangkan secara terperinci pelbagai bentuk dan tabii hubungan masa-kos yang mungkin. Walau bagaimanapun, pendekatan kedua [gambarajah 1b] selalunya digunakan dalam kebanyakan analisis hubungan masa-kos aktiviti-aktiviti projek. Sebahagiannya menggunakan bentuk pertama [gambarajah 1a] dengan penghampiran beberapa peringkat linear [selalunya terhad kepada dua atau tiga peringkat garis lurus sahaja di antara titik minimum dan titik roboh].

Anggapan masa pelaksanaan dan kos langsung aktiviti mempunyai hubungan secara linear adalah termaakulkan dan lebih tersaur digunakan dalam amalan memandangkan 2 perkara berikut:-

- I. Projek selalunya mengandungi bilangan aktiviti yang besar. Adalah sukar untuk menentukan dengan tepat lengkok atau fungsi hubungan masa-kos sebenar bagi setiap aktiviti.
- II. Nilai masa dan kos yang disediakan merupakan nilai anggaran yang dibuat di peringkat perancangan. Nilai-nilai tersebut tentunya tertakluk kepada sifat ketidaktentuan atau ralat.

Anggapan ini disokong oleh (Prideaux, 1969) yang menyatakan hubungan antara jangka masa pelaksanaan dan sumberbahan bagi aktiviti projek boleh diungkapkan dengan persamaan 1 berikut-

$$\text{Masa Pelaksanaan} = \frac{\text{Kuantiti Kerja}}{\text{Peruntukan Sumberbahan}} \quad \dots\dots\dots 1$$

Memandangkan amaun sumberbahan boleh dinyatakan dalam sebutan matawang, maka persamaan 1 boleh ditulis semula sebagai:-

$$\text{Masa Pelaksanaan} = \frac{\text{Kuantiti Kerja}}{\text{Kos Langsung}} \quad \dots\dots\dots 2$$

"Kuantiti kerja" yang selalunya dinilai dalam unit produktiviti (seperti, orang-jam) bagi setiap satu aktiviti projek adalah tetap. Berdasarkan kenyataan ini, hubungan jangka masa pelaksanaan dan kos langsung aktiviti adalah linear, dan jangka masa pelaksanaan aktiviti berkadar songsang dengan kos langsungnya, atau dapat diringkaskan dengan persamaan 3 berikut:-

$$\text{Masa Pelaksanaan} \propto \frac{1}{\text{Kos Langsung}} \quad \dots\dots\dots 3$$

3. Kelerengan Kos.

Berdasarkan hubungan satu peringkat linear masa-kos [seperti dalam gambarajah 1b], hanya dua titik, berkaitan dengan dua keadaan, perlu ditentukan untuk setiap aktiviti. Keadaan-keadaan tersebut adalah:-

- I. Keadaan roboh - keadaan yang memenuhi ciri II hubungan masa-kos seperti dalam gambarajah 1. Masa yang diperlukan untuk melaksanakan aktiviti pada keadaan ini dinamakan masa roboh [CRTIME] dan kos langsung yang berkaitan dengannya dikenali sebagai kos roboh [CRCOS].
- II. Keadaan normal - keadaan yang membolehkan aktiviti dilaksanakan dalam jangka masa normal [dengan peruntukan pelbagai sumberbahan pada paras biasa] [NRTIME]. Kos langsung yang diperlukan untuk mencapai keadaan ini dinamakan kos normal [NRCOS]. Titik masa-kos untuk keadaan normal berada di antara titik masa-kos untuk keadaan roboh dan keadaan

minimum. Seringkali juga keadaan minimum dianggap atau diambil sebagai keadaan normal (Davis, 1981).

Ini bermakna, kos langsung bagi sebarang masa pelaksanaan aktiviti yang berada antara masa normal dan masa roboh boleh ditentukan dengan satu nilai kelerengan kos untuk setiap aktiviti. Untuk kes ini, kelerengan kos boleh ditakrifkan sebagai pertambahan kos bagi setiap unit masa. Dengan perkataan lain, kelerengan kos bagi aktiviti [I,J] [aktiviti yang bermula pada kejadian/nod I dan berakhir pada kejadian/nod J], SLPCOS[I,J] boleh ditentukan berdasarkan persamaan 4 berikut:-

$$SLPCOS[I,J] = \frac{CRCOS[I,J] - NRCOS[I,J]}{NRTIME[I,J] - CRTIME[I,J]} \dots\dots\dots 4$$

4. Algoritma Tolak-Ansur Masa-Kos.

Kesimpulan dari penjelasan di atas adalah: jangka masa pelaksanaan aktiviti projek boleh mengambil sebarang nilai, dari satu batas atas, masa untuk keadaan minimum ke satu batas bawah, masa untuk keadaan roboh. Ini bermakna, terdapat banyak kombinasi masa-masa pelaksanaan aktiviti yang berbeza, tetapi dapat menghasilkan suatu masa siap projek yang ditetapkan. Walau bagaimanapun, setiap kombinasi mungkin membabitkan nilai kos keseluruhan projek yang berbeza.

Untuk mempercepatkan penentuan kombinasi masa pelaksanaan aktiviti-aktiviti projek yang dapat menghasilkan kos langsung projek yang minimum, satu algoritma yang berasaskan kaedah analisis lintasan genting analisis rangkaian telah dibangunkan oleh penulis. Algoritma yang akan dijelaskan di sini telah digunakan untuk membangunkan salah satu modul dalam pakej PROSCOS [PROject Scheduling and COntrol System], satu pakej atau sistem perisian yang dibina untuk menyediakan maklumat analisis yang berguna untuk penskedul dan kawalan projek (Safie, 1987). Algoritma tersebut telah dinamakan sebagai *algoritma tolak-ansur masa-kos projek*.

Untuk memudahkan penjelasan atau pembentukan algoritma tolak-ansur masa-kos projek, berikut ditakrifkan tatatanda-tatatanda dan simbol-simbol yang akan digunakan dalam algoritma tersebut:-

I. Tatatanda.

△ Katakan rangkaian projek diwakili sebagai $G = [N,A]$, untuk:-

* $N = \{1,2,\dots,M\}$ merupakan satu set nod-nod rangkaian projek dengan nod 1 dan M masing-masing mewakili kejadian permulaan dan kejadian akhir projek.

* A satu set aktiviti-aktiviti projek atau $A = \{[I,J] \mid I,J \in N; \forall [I,J] \text{ aktiviti projek} \}$.

△ Set aktiviti-aktiviti genting, $L = \{[I,J] \mid [I,J] \in A; STOTAL[I,J]=0\}$.

△ Set-set aktiviti-aktiviti genting yang dilaksanakan serentak. Jika $T_k[1]$ dan $T_k[2]$ masing-masing adalah batas bawah dan batas atas sela masa skedul yang berlaku keserentakan ke k, maka suatu set aktiviti-aktiviti genting yang serentak boleh ditakrifkan sebagai:-

$E_k = \{[I,J] \mid [I,J] \in L, NESTIM[I] \leq T_k[1] \text{ dan } NLFTIM[J] \geq T_k[2]\}; k=1,2,\dots,p$; untuk p bilangan set tersebut pada sesuatu penskedul projek. $T_k[1]$ dan $T_k[2]$ ditentukan berdasarkan hubungan berikut:-

$$* E_1 = \{[I,J] \mid \forall [I,J] \in L\}, \text{ maka } T_1[1] = 0; \text{ dan } T_k[1] = \text{Min}_{\forall (I,J) \in E_{k-1}} [\text{NESTIM}[J]]$$

$$\forall k = 2,3,\dots,p;$$

$$* T_k[2] = T_{k+1}[1]; \forall k = 1,2,\dots,p-1 \text{ dan } T_p[2] = \text{NLFTIM}[M].$$

II. Simbol.

- △ $\text{ETIME}[I,J]$ - Anggaran masa pelaksanaan atau jangka masa pelaksanaan yang ditetapkan untuk aktiviti $[I,J]$.
- △ $\text{STOTAL}[I,J]$ - Masa apungan jumlah [total float] aktiviti yang merupakan jumlah masa pelaksanaan aktiviti yang boleh ditangguhkan untuk aktiviti $[I,J]$ tanpa membawa sebarang kesan ke atas masa skedul projek keseluruhannya.
- △ $\text{NESTIM}[J]$ - Masa terawal kejadian yang merupakan lintasan [masa] terpanjang untuk mencapai kejadian/nod J dari kejadian/nod permulaan projek [nod 1].
- △ $\text{NLFTIM}[J]$ - Masa terakhir kejadian yang merupakan lintasan [masa] terpendek untuk mencapai kejadian/nod J dari kejadian/nod terakhir projek [nod M].
- △ Catatan: $\text{STOTAL}[I,J]$, $\text{NESTIM}[I]$, dan $\text{NLFTIM}[J]$ untuk semua aktiviti atau kejadian/nod projek diperolehi hasil penggunaan kaedah analisis lintasan genting [ALG] ke atas rangkaian projek.

Dan berikut adalah langkah-langkah yang perlu diikuti untuk algoritma tolak-ansur masa-kos:-

- I. Takrifkan $\text{ETIME}[I,J] = \text{NRTIME}[I,J]; \forall [I,J] \in A$, dan tambahkan kos projek, $\text{TAMKOS} = 0.0$.
- II. Dengan menggunakan kaedah analisis lintasan genting [ALG] tentukan $\text{NESTIM}[J]$, $\text{NLFTIM}[J]; \forall J \in N$, dan set aktiviti-aktiviti genting, L .
- III. Tentukan set-set aktiviti-aktiviti genting yang serentak, $E_k; \forall k = 1,2,\dots,p$.
- IV. Tentukan satu E_k , katakan E_0 , yang memenuhi syarat-syarat berikut-
 - i. $\text{ETIME}[I,J] > \text{CRTIME}[I,J]; \forall [I,J] \in E_k$; dan
 - ii. $\text{Min}[C_k]$, untuk $C_k = \sum_{\forall (I,J) \in E_k} \text{SLPCOS}(I,J)$.

[Jika terdapat lebih daripada satu E_k yang memenuhi syarat-syarat di atas, syarat tambahan yang seragam perlu diperkenalkan. Antara syarat-syarat tambahan yang boleh digunakan adalah:-

Δ E_k yang mempunyai bilangan unsur yang paling kecil.

Δ E_k yang mempunyai batas bawah, $T_k[1]$ dan batas atas, $T_k[2]$ sela masa skedul keserentakan ke k yang paling kecil].

V. Jika wujud E_0 ; pergi ke VI. Sebaliknya, masa projek tidak boleh dikurangkan lagi; pergi ke VII.

VI. Takrifkan nilai baru untuk $ETIME[I,J] = ETIME[I,J] - 1 ; \forall [I,J] \in E_0$ dan $TABKOS = TABKOS + \sum_{\forall [I,J] \in E_0} SLPCOS(I,J)$; pergi ke II.

VII. Tamat.

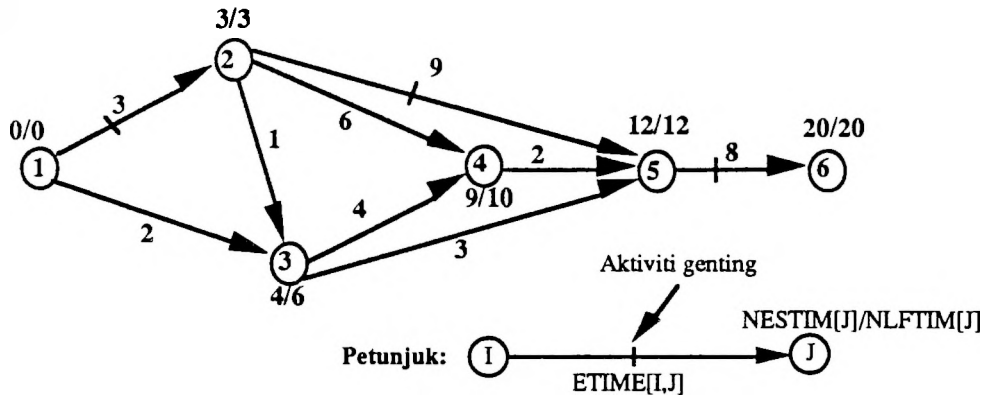
4.1. Contoh Penggunaan Algoritma.

Katakan satu projek yang mempunyai maklumat seperti dalam jadual 1 hendak dilakukan analisis untuk menentukan kos tambahan [terkecil] yang diperlukan jika jangka masa pelaksanaan projek dikurangkan. Dengan menggunakan algoritma tolak-ansur masa-kos projek, lelaran-lelaran yang perlu diikuti boleh diringkaskan seperti berikut:-

Aktiviti (I,J)	NRTIME (Hari)	CRCOS (\$)	NRCOS (\$)	CRTIME (Hari)	SLPCOS (\$/Hari)
(1,2)	3	40	2	50	10
(1,3)	2	30	1	55	25
(2,3)	1	20	1	25	*
(2,4)	6	80	2	112	8
(2,5)	9	100	5	120	5
(3,4)	4	60	2	74	7
(3,5)	3	20	1	60	20
(4,5)	2	70	2	70	*
(5,6)	8	160	7	165	15
Projek	20	570	14	731	-

Jadual 1 : Masa Dan Kos Aktiviti Pada Keadaan Normal dan Roboh

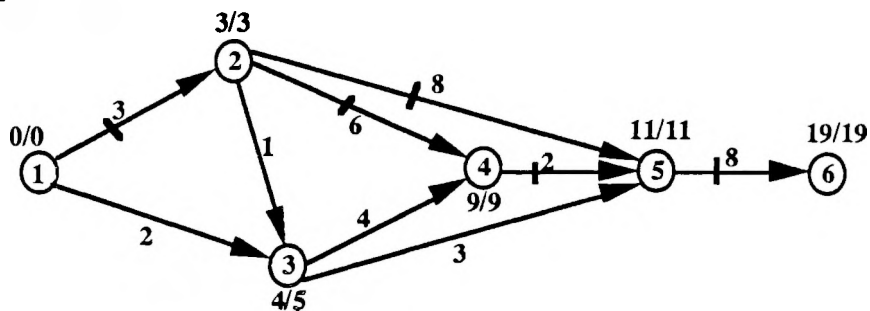
Lelaran 1



Gambarajah 2 : Hasil ALG Pada Keadaan Normal

- * $L = \{[1,2],[2,5],[5,6]\}$
- * $E_1 = \{[1,2]\}; E_2 = \{[2,5]\}; E_3 = \{[5,6]\}$
- * $ETIME[1,2] = 3 > CRTIME[1,2] = 2$; $ETIME[2,5] = 9 > CRTIME[2,5] = 5$;
 $ETIME[5,6] = 8 > CRTIME[5,6] = 7$;
- $C_1 = 10$; $C_2 = 5$; $C_3 = 15$; $\text{Min}[C_1, C_2, C_3] = C_2 = 5$; $\therefore E_0 = E_2$.
- * $ETIME[2,5] = 9 - 1 = 8$; $TAMKOS = 0 + C_2 = 0.0 + 5 = 5.0$.

Lelaran 2



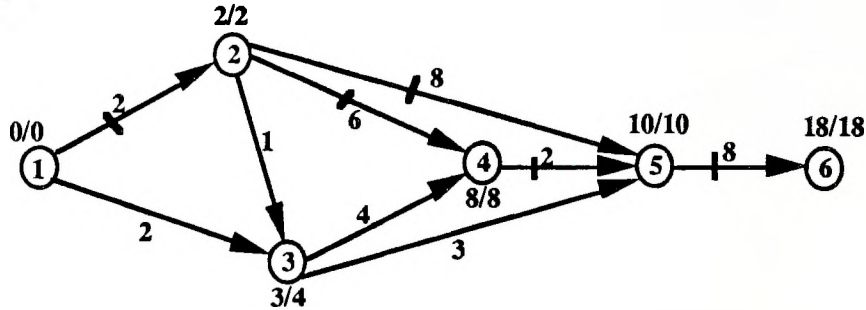
Gambarajah 3 : Hasil ALG Setelah Lelaran 1

- * $L = \{[1,2],[2,4],[2,5],[4,5],[5,6]\}$
- * $E_1 = \{[1,2]\}; E_2 = \{[2,4],[2,5]\}; E_3 = \{[2,5],[4,5]\}; E_4 = \{[5,6]\}$
- * $ETIME[I,J] > CRTIME[I,J], \forall [I,J] \in E_1, E_2, E_4$; $[4,5] \in E_3$ tidak memenuhi syarat tersebut. $\therefore E_3$ terkeluar.

$$C_1 = 10 ; C_2 = 8 + 5 = 13 ; C_4 = 15 ; \text{Min} [C_1, C_2, C_4] = C_1 = 10 ; \therefore E_0 = E_1 .$$

* $\text{ETIME}[1,2] = 3 - 1 = 2 ; \text{TAMKOS} = 5 + 10 = 15 .$

Lelaran_3



Gambarajah 4 : Hasil ALG Setelah Lelaran 2

* $L = \{[1,2],[2,4],[2,5],[4,5],[5,6]\}$

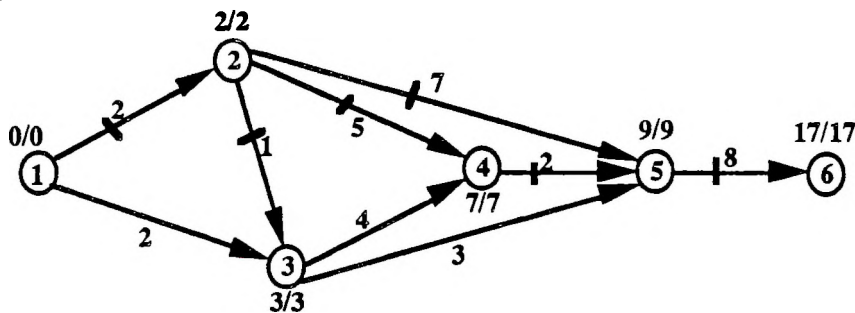
* $E_1 = \{[1,2]\} ; E_2 = \{[2,4],[2,5]\} ; E_3 = \{[2,5],[4,5]\} ; E_4 = \{[5,6]\} .$

* $\text{ETIME}[I,J] > \text{CRTIME}[I,J] , \forall [I,J] \in E_2, E_4 ; [1,2] \in E_1$ dan $[4,5] \in E_3$ tidak memenuhi syarat tersebut. $\therefore E_1$ dan E_3 terkeluar.

$$C_2 = 13 ; C_4 = 15 ; \text{Min} [C_2, C_4] = C_2 = 13 ; \therefore E_0 = E_2 .$$

* $\text{ETIME}[2,4] = 6 - 1 = 5 ; \text{ETIME}[2,5] = 8 - 1 = 7 ; \text{TAMCOS} = 15 + 13 = 28 .$

Lelaran_4



Gambarajah 5 : Hasil ALG Setelah Lelaran 3

Hasil analisis sepenuhnya termasuk lelaran-lelaran seterusnya diringkaskan dalam jadual [2].

Lelaran	Set E _o	Projek	
		Masa	TAMCOS
1	(2,5)	20	5
2	(1,2)	19	15
3	(2,4) (2,5)	18	28
4	(5,6)	17	43
5	(2,4) (2,5) (3,4)	16	63
6	(2,4) (2,5) (3,4)	15	83
7	-	14	-

Jadual 2 : Ringkasan Analisis Tolak-Ansur Masa-Kos

Projek di atas boleh disiapkan dalam masa 14 hari dengan kos langsung aktiviti-aktiviti projek \$731 jika semua aktiviti dilaksanakan pada masa roboh. Walau bagaimanapun, dengan menggunakan algoritma tolak-ansur masa-kos, masa siap projek yang sama juga boleh dicapai pada kos langsung aktiviti-aktiviti projek \$653 [570 + 83]. Ini bermakna, algoritma tersebut telah dapat menjimatkan kos langsung aktiviti-aktiviti projek sebanyak \$78.

5. Hubungan Kategori Kos Projek, Masa, Dan Sumberbahan.

Menurut (Wiest, 1967), hubungan antara masa dan jumlah kos projek boleh dinyatakan sebagai:-

$$E = Ct + \sum_{i=1}^m S_i \cdot W_i t \quad \dots\dots\dots 5$$

untuk: t = jangka masa perlaksanaan projek; m = bilangan jenis sumberbahan; S_i = amaun maksimum sumberbahan i yang diperlukan; W_i = purata kos untuk sumberbahan i setiap unit masa; dan C = kos tak langsung projek setiap unit masa.

Persamaan 5 meringkaskan hubungan masa dan kos projek sebagai linear. Ini dihasilkan dari anggapan bahawa:-

- I. Sumbangan kos langsung diperolehi dari peruntukan semua sumberbahan yang tetap, pada amaun keperluan maksimum.
- II. Kos tak langsung berkadar terus dengan masa projek.

Anggapan-anggapan tersebut tentunya tidak sesuai digunakan dalam kebanyakan projek kerana:-

- I. Peruntukan sumberbahan pada amaun keperluan maksimum untuk seluruh masa projek akan melibatkan pembaziran sumberbahan serta biaya yang tidak sepatutnya dikeluarkan.
- II. Terdapat projek-projek [terutama projek yang dilaksana berdasarkan pemberian kontrak] yang dikenakan bayaran denda jika projek disiapkan lewat daripada masa yang ditetapkan.

Dengan demikian, jika kedua-dua faktor di atas dipertimbangkan, maka hubungan masa-kos projek yang lebih sesuai boleh dinyatakan sebagai:-

$$E = Ct + P(t - d)a + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^t S_{ij}^* W_i \quad \dots\dots\dots 6$$

untuk: P = kadar denda kelewatan setiap unit masa; d = masa skedul siap projek yang ditetapkan; a = 1 jika [t - d] > 0 dan 0 jika sebaliknya; dan $S_{ij} \leq S_i^*$ adalah amaun sumberbahan i yang tersedia pada masa j.

Jika $S_{ij} (\leq S_i^*)$ merupakan keperluan sumberbahan i pada masa j, maka jumlah kos langsung semua aktiviti adalah :-

$$A = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^t S_{ij} W_i \quad \dots\dots\dots 7$$

Ini bermakna, jumlah kos langsung semua aktiviti projek, A berkemungkinan lebih kecil daripada kos langsung projek. Untuk membolehkan perbezaan ini dinyatakan, (George, 1985) memperkenalkan satu lagi kos yang memberi sumbangan kepada jumlah kos projek iaitu kos tentangan. Dalam kes ini, kos pembaziran sumberbahan boleh dianggap sebagai kos tentangan dan ditentukan daripada persamaan berikut (Safie, 1987):-

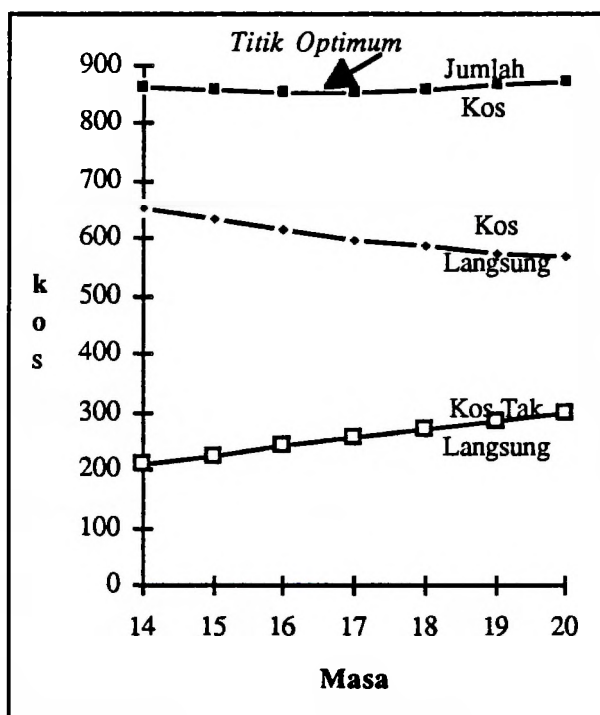
$$T = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^t (S_{ij}^* - S_{ij}) W_i \quad \dots\dots\dots 8$$

5.1. Graf Hubungan Kategori Kos Dan Masa Projek.

Sebagai contoh, hasil analisis projek dalam seksyen 4 digunakan untuk memperjelaskan hubungan masa-kos projek dengan maklumat tambahan berikut berikut:-

- I. Kos tak langsung projek adalah \$15 setiap hari.
- II. Denda akan dikenakan sebanyak \$10 setiap hari jika jangka masa siap projek melebihi 17 hari.
- III. Semua jenis sumberbahan disediakan mengikut keperluan semasa [kos tentangan, $T = 0$].

Berdasarkan hasil analisis tolak-ansur masa-kos dan maklumat di atas, hubungan antara masa dengan kos langsung, kos tak langsung dan jumlah kos projek dapat digambarkan seperti dalam gambarajah 6.



Gambarajah 6 : Graf Kos-Masa Projek

Dari graf di atas, penyelesaian yang optimum diperolehi pada jumlah kos projek \$853 dengan jangka masa perlaksanaan projek berada antara 16 hari dan 17 hari.

6. Penutup.

Dengan menggunakan algoritma tolak-ansur masa-kos projek, analisis dan penentuan hubungan antara masa dan kos langsung projek dapat dilakukan secara sistematik, dan kesan pengurangan [dan juga pertambahan] masa projek terhadap kos langsung dapat ditentukan. Hubungan ini pada umumnya tidak berbentuk linear walaupun fungsi hubungan antara masa dan kos langsung bagi setiap aktiviti projek merupakan fungsi linear. Algoritma ini juga dapat digunakan untuk menentukan aktiviti-aktiviti projek yang perlu diberi tumpuan dalam mencapai objektif projek, sama ada dari segi masa ataupun kos.

Rujukan

- (Batterby, 1970) Batterby, A. *Network Analysis for Planning and Scheduling*, ed. ke-3. Macmillan and Co. Limited, London.; 1970.
- (Davis, 1966) Davis, E. W. "Resource Allocation in Project Network Models - A Survey." in *Journal of Industrial Engineering*, 17. p177-192.; 1966.
- (Davis, 1981) Davis, E. W. "Resource Allocation in Project Networks." in *Fundamentals of Network Analysis* (W.J. Fabrycky, dan J.H. Miza, eds.). Prentice-Hall, Inc. p295-327.; 1981.
- (Fulkerson, 1961) Fulkerson, D.R. "A Network Flow Computation for Project Cost Curves." in *Management Science*, 7. p177-192.; 1961.
- (George, 1985) George Tee Ai Cheh, dan Zakaria Yahya. *Kaedah Jalan Kritikal: Asas dan Prinsip*. Penerbit Farja Bakti, Petaling Jaya.; 1985.
- (Lee, 1982) Lee, S. M., G. L. Moeller, dan L. A. Digman. *Network Analysis for Management Decisions: A Stochastic Approach*. Kluwer Nijhoff Publishing.; 1982.
- (Lock, 1984) Lock, D. *Project Management*, ed. Ke-3. Billings & Sons Limited.; 1984.
- (Prideaux, 1969) Prideaux, J. D., dan G. Cullingford. "The Nature of the Decision Processes Implied in Network Analysis." in *Project Planning by Network Analysis* (H.J.M. Lombaers, ed.). North-Holland Publishing Co. p427-435.; 1969.
- (Safie, 1987) Safie Mat Yatim. "Penskedulan dan Kawalan Projek Berasaskan Analisis Rangkaian [PAKEJ PROSCOS]". Tesis Sarjana Sains (Sains Komputer), Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Selangor - Tidak Diterbitkan.; 1987.
- (Smith, 1982) Smith, A. W. *Management Science: Analysis and Application*. The Dryden Press, New York.; 1982.
- (Sulc, 1969) Sulc, J. "How to Improve Project Control." in *Project Planning by Network Analysis* (H.J.M. Lombaers, ed.). North-Holland Publishing Co. p427-435.; 1969.
- (Travnik, 1969) Travnik, I. "A Simulation Technique for Estimation of The Length of the Control Interval." in *Project Planning by Network Analysis* (H.J.M. Lombaers, ed.). North-Holland Publishing Co. p216-219.; 1969.
- (Wagner, 1964) Wagner, H. M., R. J. Giglio, dan R. G. Glasser. "Preventive Maintenance Scheduling By Mathematical Programming." in *Management Science*, 10. p216-334.; 1964.
- (Wiest, 1967) Wiest, S. D. "A Heuristic Model for Scheduling Large Projects with Limited Resources." in *Management Science*, 13. p359-376; 1967.